

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Liberec 2015**

**Michal Chrtek**



# AIRBAG – MINULOST, SOUČASNOST, BUDOUCNOST

## AIRBAG – HISTORY, PRESENT, FUTURE

*Studijní program:* B3107 – Textil

*Studijní obor:* 3107R011 – Textilní materiály a zkušebnictví

*Autor práce:* **Michal Chrtek**

*Vedoucí práce:* Ing. Jindra Porkertová

### **Rozsah práce:**

Počet stran textu	37
Počet obrázků	36
Počet tabulek	3
Počet grafů	1
Počet stran příloh	0

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Chrtek**  
Osobní číslo: **T11000300**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Textilní materiály a zkušebnictví**  
Název tématu: **Airbag - minulost, současnost, budoucnost**  
Zadávající katedra: **Katedra materiálového inženýrství**

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

1. vypracujte rešeršní část na téma airbag
2. analyzujte vybrané termické a mechanické vlastnosti materiálů používaných na airbagy v dnešních automobilech
3. popište nové trendy ve využití airbagů



*[Handwritten signature]*

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 45

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. Lizák P., Militký J.: Technické textilie, Ružomberok, 2002
2. Fung W., Hardcastle M.: Textiles in Automotive Engineering, Woodhead Publishing Limited, 2000

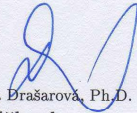
Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jindra Porkertová**

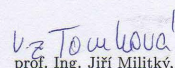
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: 30. října 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 14. května 2015

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
prof. Ing. Jiří Militký, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 5. června 2013

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou 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.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

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

V Liberci dne

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych chtěl velice poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Jindře Porkertové za vynaloženou energii, připomínky a cenné rady.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá historií, současností a budoucností airbagů. Je popsána historie airbagu od jeho vynálezu přes princip funkce a aktivace airbagu. Vyjmenovává jednotlivé druhy airbagů. Další část pojednává o Polyamidu 6,6 a jeho vlastnostech, díky kterým je v současnosti nejvhodnějším materiálem pro výrobu airbagů. Polyamid 6,6 jako jediný splňuje vysoké nároky. Závěr popisuje výrobní postup a kontrolu při jejich výrobě. Bakalářská práce se zabývá maximální bezpečností přepravovaných osob v automobilech.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Airbag

Polyamid 6,6

Pasivní bezpečnost

## **Abstract**

This Bachelor thesis follows up history, present and future of airbags. It describes history since invention, function principle and deployment of airbags. It names different types of airbags. Next part follows up about Polyamide 6.6 and its characteristic, which make it currently the most suitable material for airbag production. Polyamide 6.6 is the only to meet high demands in airbag production. The Bachelor thesis follows up the maximum safety of vehicle passengers.

### **KEY WORDS:**

Airbag

Polymide 6,6

Passive safety

## Obsah

Úvod .....	9
1. Airbag.....	10
1.1 Historie airbagu .....	11
2. Princip funkce airbagu .....	13
3. Systém airbagů .....	14
3.1 Aktivační systém airbagů ve voze Škoda Yeti.....	16
3.2 Řídící jednotka airbagů .....	16
3.3 CISS senzor.....	17
3.4 Externí nárazové senzory .....	17
4. Generátory plynu .....	18
4.1 Generátor plynu pro airbag s pyrotechnickou zápalkou.....	18
4.2 Hybridní plynový generátor pro airbag .....	18
4.3 Plynový generátor.....	19
5. Druhy airbagů podle umístění ve vozidle .....	20
5.1 Airbag řidiče.....	20
5.2 Airbag spolujezdce .....	20
5.2.1 Airbag spolujezdce namontovaný v přístrojové desce.....	20
5.2.2 Airbag spolujezdce namontovaný ve stropě.....	21
5.3 Boční airbag .....	22
5.4 Hlavový airbag .....	23
5.5 Kolenní airbag .....	25
5.6 Airbag v zadním bezpečnostním pásu .....	26
5.7 Airbag pro chodce .....	27
5.8 Středový airbag.....	28
5.9 Airbag na zadním okně .....	29
5.10 Motocyklový airbag .....	30
5.11 Motocyklový airbag v chrániči páteře.....	30
6. Zařízení související s airbagem .....	31

---

AIRBAG - MINULOST, SOUČASNOST, BUDOUCNOST 7



6.1	Deaktivace airbagu spolujezdce .....	31
6.2	Bezpečnostní pásy s předepínačem .....	32
6.3	Posuvný sloupek řízení .....	33
7.	Trendy ve vývoji airbagů .....	34
7.1	Venkovní airbag .....	34
7.2	Airbag pro cyklisty .....	35
7.3	Adaptivní airbag .....	36
7.4	Venkovní airbag ke zpomalení vozu při nehodě .....	37
7.5	Budoucnost v oblasti bezpečnosti .....	37
8.	Materiál airbagů .....	38
8.1	Proč Polyamid 6,6? .....	41
9.	Výroba airbagu .....	44
9.1	Výrobní postup .....	44
9.2	Kontrola kvality .....	46
	Závěr .....	47
	Seznam obrázků .....	48
	Seznam tabulek .....	50
	Použitá literatura .....	50

## Úvod

Tématem mé bakalářské práce jsou airbasy. Dané téma jsem si zvolil zejména proto, že mám blízko k automobilovému průmyslu a toto téma mě zajímá.

Hlavním cílem je zmapování vývoje airbagů od počátku až po trendy ve vývoji. V práci mimo jiné zmapuji, jaké typy airbagů existují, jejich konstrukce, princip fungování, jaké materiály se prosadily jako nejlepší a jaká je budoucnost airbagů.

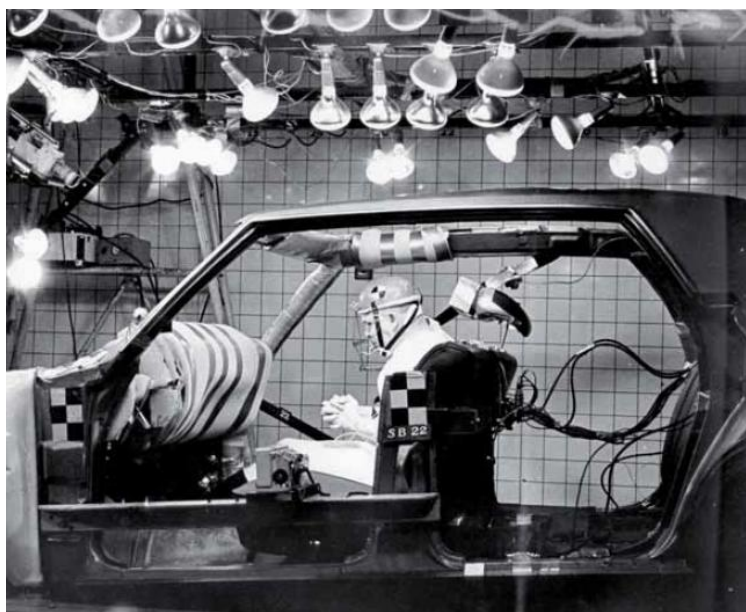
V současné době airbag bereme jako samozřejmost, ale není tomu tak dávno, co jediným bezpečnostním systémem ve vozidlech byly bezpečnostní pásy a na airbasy bylo nahlíženo jako na zbytečnost nebo dokonce život ohrožující výbavu.

## 1. Airbag

Automobily byly po dlouhou dobu konstruovány bez ohledu na bezpečnost přepravovaných osob a bezpečnost ostatních účastníků dopravního provozu.

Historie pasivní bezpečnosti se začíná psát v padesátých letech minulého století na americké univerzitě v Detroitu (Obr. 1). Zde byla vytvořena obecná pravidla pro konstrukci automobilů tak, aby zaručovala bezpečnost posádky.

Předpisy, které na základě testů vznikaly, vedly ke stavbě vozů s velmi tuhou kabinou, zbavené všech výčnělků, s dostatečně dlouhými deformačními zónami pro pohlcení nárazu.



*Obr. 1 Larry Patrick, profesor z Wayne State Univerzity v Detroitu prováděl některé testy přímo na sobě [1]*

Airbag (Obr. 2) je jedním ze základních a velice důležitých prvků pasivní bezpečnosti. Při srážce vozu se během několika milisekund skryté vaky, tedy airbagy, naplní vzduchem. Ochrání tak cestující před poraněním o tvrdé části interiéru. Musí však být splněna podmínka: airbag se musí naplnit a zaujmout svůj prostor dříve než například řidič. Jinak by se, zcela logicky, rychlost nárazu řidiče zvětšila o rychlost zvětšování airbagu a celkový efekt by byl o to horší. Problémy s airbagy se vyskytují i u lidí s menší postavou nebo dětí, kde může dojít k zasažení obličeje.

Je třeba zdůraznit, že dnešní airbagy pracují v součinnosti s bezpečnostními pásy. Bez připoutání se posádka při nárazu pohybuje jinak a účinnost airbagů je snížena.

V tomto případě se airbag stává velmi nebezpečný. Následky při nehodě můžou být fatální. Při převozu dítěte v autosedačce na předním sedadle, musí být vždy airbag deaktivován.

V poslední době se objevují tzv. inteligentní airbagy, které dokáží regulovat rychlost a objem jejich naplnění podle síly nárazu.

[1]



*Obr. 2 Aktivované airbagy ve voze Škoda Yeti [2]*

## 1.1 Historie airbagu

Airbag byl vynalezen v roce **1952** Johnem W. Hetrickem. V počátcích historie airbagu, byl považován za alternativu bezpečnostních pásů.

V roce **1967** prodal americký vynálezce Allen Breed firmě Chrysler svůj senzor pro detekci nárazu, který tvoří důležitou komponentu systému airbag.

V roce **1973** vyvinul výzkumný tým General Motors první airbagy vhodné pro bezpečnost v automobilech. Vybavuje jimi 1 000 Chevroletů Caprice a Impala a poskytuje je zákazníkům k otestování. Bohužel se toto testování neobešlo bez tragédie: v jednom z Chevroletů bylo airbagem spolujezdce usmrceno nepřipoutané dítě.

V roce **1974** byly airbagy nabízeny jako zvláštní výbava u značek Buick, Cadillac a Oldsmobile pod názvem Air Cushion Restraint System (ACRS). Airbagy se nesetkaly s velkým tržním úspěchem, za tři roky se prodalo pouhých 10 321 vozů vybavených airbagem.

V roce **1975** Volvo simuluje působení airbagů na nepřipoutané děti. Použilo k tomu 24 vepřů a kromě tří byli všichni vážně zraněni. Přesto převládají názory, že dobře konstruované a správně používané airbasy mohou na amerických silnicích zachránit až 12 000 lidských životů ročně.

V roce **1980** vybavila airbasy značka Mercedes-Benz svůj špičkový model Mercedes-Benz W126 (Obr. 3). Airbasy nebyly již prezentovány jako náhrada bezpečnostních pásů, ale jako doplněk, který společně s pásy, vytváří funkční systém s vyšší bezpečnostní ochranou než pásy samotné.



*Obr. 3 Mercedes-Benz W126 po nárazové zkoušce [3]*

V roce **1988** se Chrysler stává první společností, která nabízí airbasy pro řidiče jako standardní vybavení svých doma vyrobených vozů, o rok později se přidává i Ford.

Americký pojišťovací institut pro dálniční bezpečnost (IIHS) provedl studii z vládního systému hlášení smrtelných nehod z let 1985 až 1991 a zjistil, že úmrtí řidičů při čelním nárazu jsou u vozidel vybavených airbagem nižší o 28 %.

V 90. letech 20. století vylepšování airbagů stále pokračuje. Hlavní změna nastává v roce **1994**, kdy TRW zahajuje výrobu prvních plynem plněných airbagů.

Volvo 850 z roku **1995** již nabízelo boční airbasy a BMW v roce **1998** nabízelo hlavové airbasy ve standardní výbavě.

[17, 20]

## 2. Princip funkce airbagu

„Každý airbag je složen z vaku z polyamidové tkaniny, inflátoru (plynového generátoru, který produkuje plyn pro naplnění vaku) a řídicí jednotky se senzory zrychlení. Řídicí jednotka aktivuje jednotlivé airbagy na základě vyhodnocování signálů od snímačů zrychlení, resp. zpomalení pro každý směr. Nemělo by se tak stát, že se např. při čistě bočním nárazu aktivují oba čelní airbagy.

V okamžiku nárazu, kdy snímače zrychlení naměří hraniční hodnoty, vyše řídicí jednotka signál do příslušných airbagů, respektive plynového generátoru. Tablety pro tvorbu plynu v plynovém generátoru jsou zapáleny elektrickým můstkovým zapalovačem s roznětkou v tělese plynového generátoru. Vznikne chemická reakce produkující plyn, který airbag naplní. Naplnění airbagů probíhá velice rychle, v řádech milisekund.

Průběh činnosti airbagů (Obr. 4) začíná nárazem vozidla do překážky v čase  $t=0$ , v čase  $t=25$  ms senzor hlásí náraz a řídicí jednotka odpaluje roznětku, následuje chemická reakce a tvorba plynu. Po uplynutí 40 ms se trhá kryt airbagu a vak se dále plní plynem. V čase  $t=60$  ms je vak již naplněn a zachycuje posádku. V čase  $t=110$  ms je cestující plně ponořen do airbagu a začíná se pohybovat zpět. Ve stopadesáté milisekundě se pasažér vrací do sedadla. Časy jsou samozřejmě pouze přibližné, jsou různé např. pro řidiče a spolujezdce.

V případě bočního nárazu je deformační zóna mnohem kratší, airbag proto musí být připraven už za 60 ms.“

[3]



Obr. 4 Fáze nafouknutí airbagu řidiče [4]

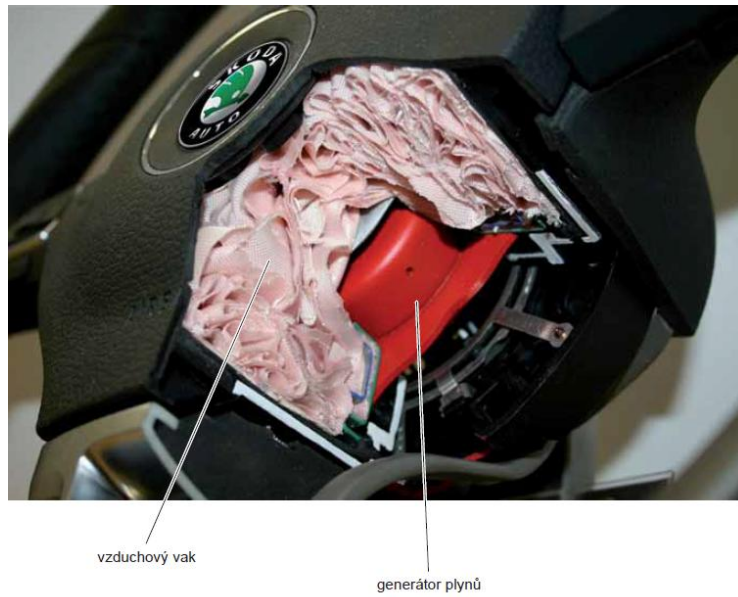
### 3. Systém airbagů

„Systém airbagů tvoří:

- airbagy
- nárazové senzory
- centrální řídicí jednotka airbagů
- elektrická instalace
- vypínač čelního airbagu spolujezdce
- předepínače pásů

Řídicí jednotka airbagů přijímá signály ze senzorů zrychlení, tlakových senzorů a senzoru CISS (Crash Impact Sound Sensing), v případě, že jsou informace z čidel vyhodnoceny jako náraz, vyšle řídicí jednotka aktivační signál do příslušné skupiny airbagů a předepínačů bezpečnostních pásů. Systém airbagů je tedy pevně propojen s předepínači.“

[1]

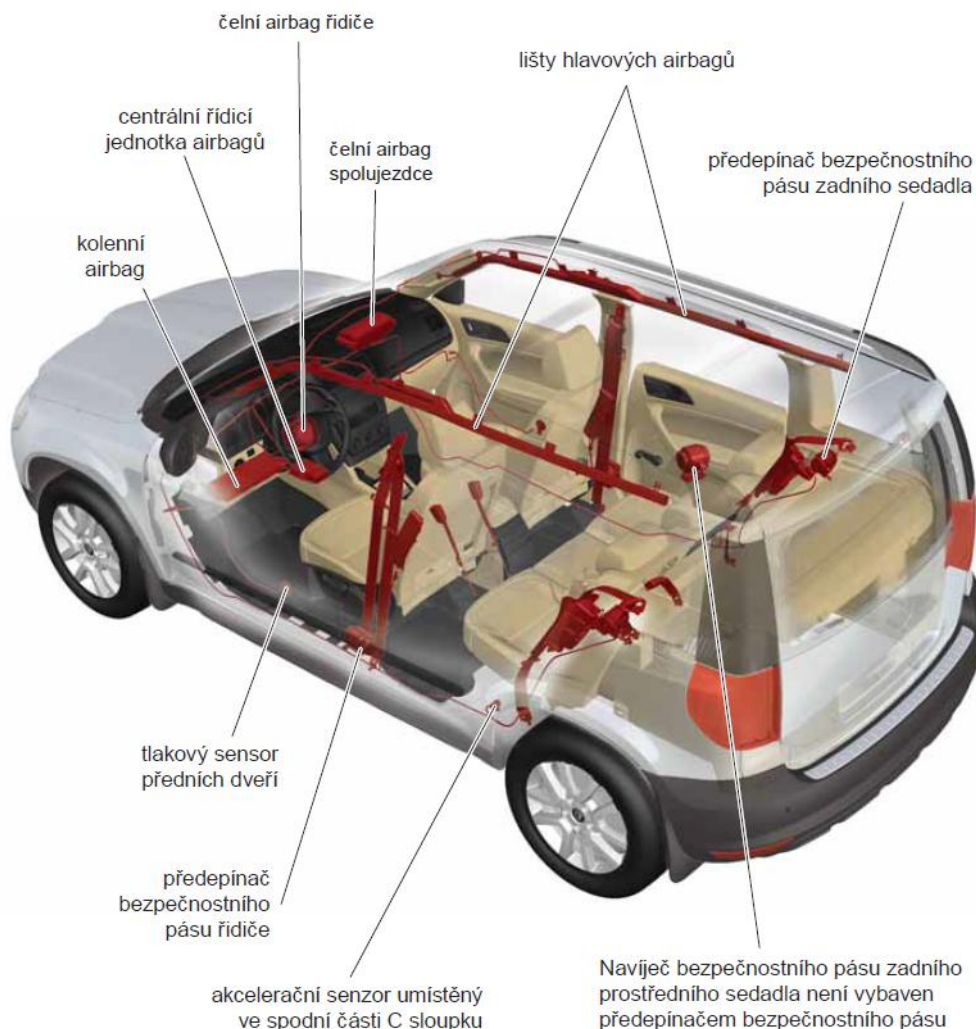


*Obr. 5 Řez modulem čelního airbagu řidiče [1]*



### 3.1 Aktivační systém airbagů ve voze Škoda Yeti

Aktivační systém airbagů (Obr. 6) je tvořen centrální řídicí jednotkou airbagů a čtyřmi externími senzory identifikace bočního nárazu.



Obr. 6 Aktivační systém airbagů ve voze Škoda Yeti [1]

### 3.2 Řídicí jednotka airbagů

„Řídicí jednotka airbagů je umístěna v interiéru na středovém tunelu vozidla a jsou do ní integrovány tři senzory pro detekování nárazu. Dva senzory pracují na principu záporného zrychlení vozidla (akcelerační senzory) z nichž jeden slouží pro identifikaci čelního nárazu a druhý bočního. Třetí, tzv. CISS senzor je využíván jako

doplňkový senzor pro ověření čelního nárazu a pracuje na principu měření akustické hodnoty nárazu.“

[1]

### 3.3 CISS senzor

„CISS senzor využívá zvukové vlny šířící se pevnou strukturou podvozku a karoserie vozu, který se při nárazu deformuje. Podle vlastností naměřeného signálu může algoritmus řídicí jednotky určit typ nárazu a dát impuls k aktivaci airbagů a předepínačů bezpečnostních pásů. Použití CISS senzoru nahradilo jeden akcelerační senzor v řídicí jednotce airbagů (k aktivaci airbagů při čelním nárazu je např. u modelu Superb II zapotřebí signál celkem od tří akceleračních senzorů z toho dvou integrovaných do řídicí jednotky airbagů). K rozpoznání čelního nárazu, je tedy využíván jeden akcelerační senzor detekující síly nárazu a zpomalení vozidla a zároveň CISS senzor, který rozpoznává akustické vlny. Pro aktivaci airbagů je nutné naměřit jak akcelerační, tak zvukový signál. Senzor je schopen zaznamenat akustické vibrace v rozmezí 400 Hz-16 kHz. Díky nasazení CISS senzoru není nutné používat další akcelerační senzor na frontendu jako tomu je u modelu Superb II.“

[1]

### 3.4 Externí nárazové senzory

„K řídicí jednotce airbagů jsou připojeny dva druhy externích nárazových senzorů. Jedná se o senzory tlakové a akcelerační, které do řídicí jednotky airbagů zasílají nezpracovaná data. Pro rozpoznání bočního nárazu je využíván tlakový senzor, který je umístěn v „suchém“ prostoru předních dveří řidiče a spolujezdce. Pro identifikaci nárazu u vozidel se zadními bočními airbagy resp. hlavovými airbagy, je použit dodatečný akcelerační senzor, který je umístěn ve spodní části C-sloupku a slouží k rozeznání bočních nárazů, které nedeformují přední dveře. Airbagy se aktivují v závislosti na vzniklém zpoždění, na úhlu a straně nárazu.“

[1]

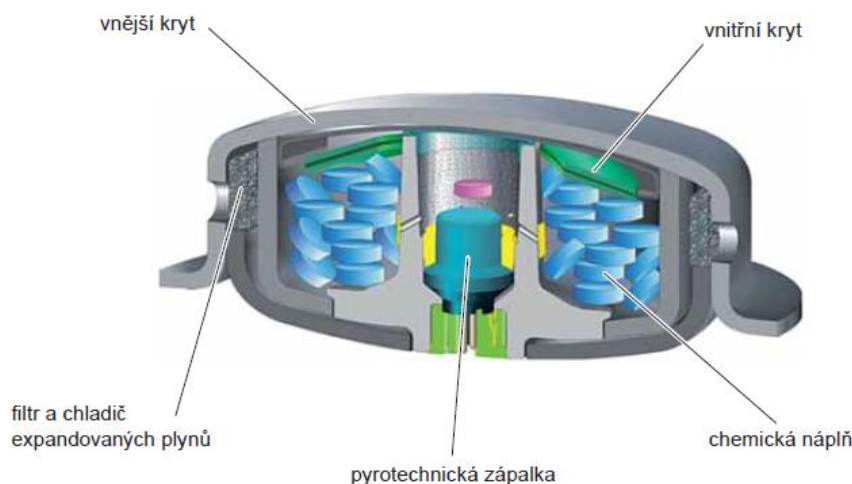
## 4. Generátory plynu

### 4.1 Generátor plynu pro airbag s pyrotechnickou zápalkou

„Po aktivaci airbagu z řídicí jednotky dojde ke vznícení pyrotechnické zápalky. Ta vyvine menší množství plynu, které zdeformuje vnitřní kryt generátoru a pronikne přes otvory v těle generátoru a vzniklou mezerou mezi vnitřní výplní a vnějším krytem do prostoru s chemickou náplní. Zde proběhne za zvýšeného tlaku a teploty reakce s chemickou náplní a k vývoji dalšího plynu. Plyn se pak přes chladič a filtr tvořený kovovými vlákny ochladí, tento filtr slouží také k zachycení tuhých částí vzniklých při chemické reakci. Plyn, který projde filtrem, proudí do polyamidového vaku airbagu.“

Použití: Čelní airbag řidiče a boční airbagy.“

[1]

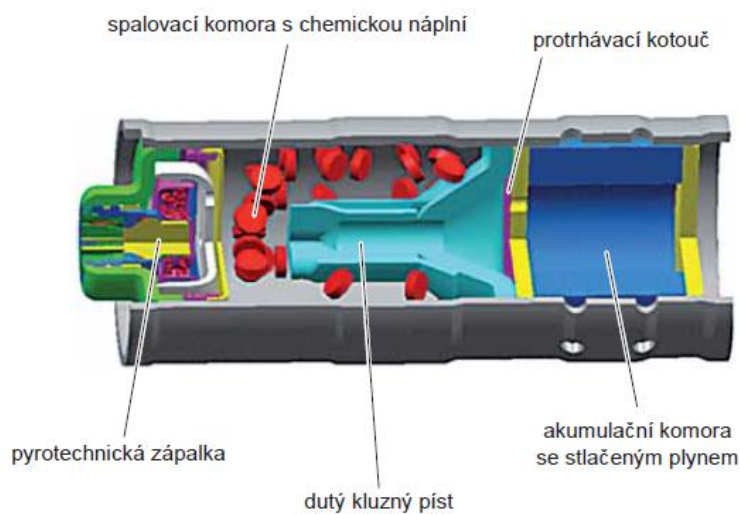


Obr. 7 Generátor plynu pro airbag s pyrotechnickou zápalkou [1]

### 4.2 Hybridní plynový generátor pro airbag

„Při aktivaci airbagu se vznítí zápalka airbagu a aktivuje pevné palivo pro vývin plynu ve spalovací komoře. Po zvýšení tlaku dojde k perforaci protrhávacího kotouče dutým kluzným pístem a stlačený plyn začne pronikat do spalovací komory. Zde se ohřeje, zvětší svůj objem a naplní vzduchový vak airbagu.“

Použití: Čelní airbasy spolujezdce, kolenní airbasy, hlavové airbasy, (kromě modelu Škoda Yeti, viz níže).“



Obr. 8 Hybridní plynový generátor pro airbag [1]

[1]

### 4.3 Plynový generátor

„Hlavový airbag ve voze Škoda Yeti je vybaven plynovým generátorem (Obr. 9), který obsahuje ve srovnání s hybridním systémem, pouze komoru se stlačeným plynem (Helium + Argon), který v případě aktivačního signálu z řídicí jednotky, expanduje do vaku airbagu.“

[1]



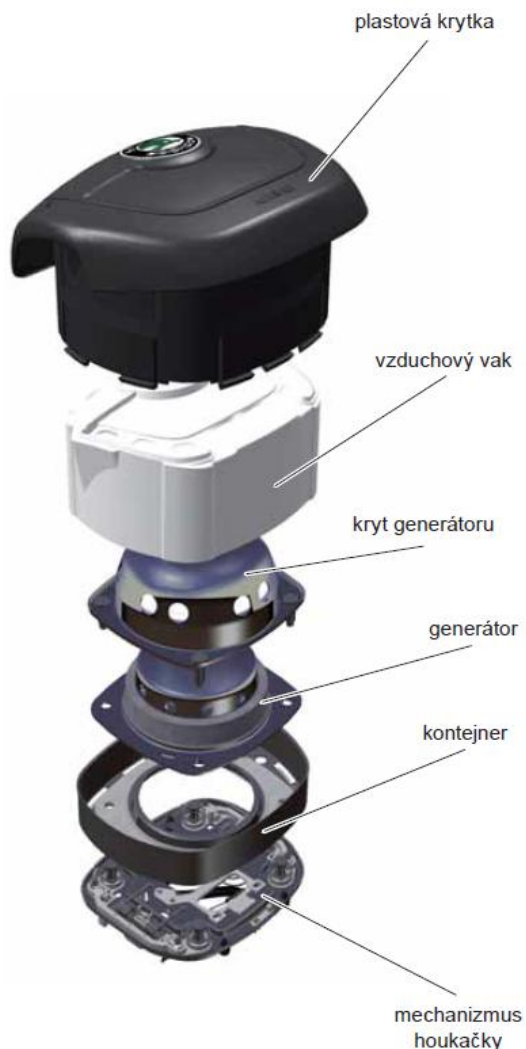
Obr. 9 Plynový generátor [1]

## 5. Druhy airbagů podle umístění ve vozidle

### 5.1 Airbag řidiče

„Airbag řidiče (Obr. 10) je uložen ve střední části volantu. Po aktivaci se začne vzduchový vak plnit plynem, až protrhne programově zeslabená místa plastového krytu, pak se zcela rozvine do prostoru před volantem. Polyamidový vak je opatřen otvorem, kterým plyn, po nafouknutí vaku, volně odchází do prostoru kabiny, dojde tak k jeho automatickému vypuštění.“

[1]



Obr. 10 Složení modulu airbagu řidiče ve vozidle Škoda Octavia II [1]

### 5.2 Airbag spolujezdce

#### 5.2.1 Airbag spolujezdce namontovaný v přístrojové desce

Airbag spolujezdce (Obr. 11) je namontovaný v přístrojové desce nad odkládací schránkou. Po aktivaci protrhne programově zeslabená místa plastového krytu, opře se o přední sklo a rozvine před spolujezdce (Obr. 12).

Jedná se o objemově největší airbag ve voze.

Stejně jako u airbagu řidiče, je vak airbagu spolujezdce opatřen otvorem, kterým dojde, po nafouknutí vaku, k jeho vypuštění.

[1]



*Obr. 11 Modul airbagu spolujezdce [1]*



*Obr. 12 Aktivované airbasy řidiče a spolujezdce ve vozidle Škoda Fabia III [2]*

### **5.2.2 Airbag spolujezdce namontovaný ve stropě**

Firma TRW začala vyrábět pro vozidlo Citroën Cactus C4 airbag namontovaný ve stropě. Tento airbag nahrazuje airbag namontovaný v přístrojové desce. Toto řešení nabízí kromě úspory místa i vylepšený design a lepší ergonomii a funkčnost interiéru.

Airbagová jednotka je namontována ve stropě nad čelním sklem. Po aktivaci se, místo směrem proti pasažerovi, nafoukne směrem dolů podle čelního skla (Obr. 13).



Obr. 13 Airbag umístěný ve stropě Citroënu Cactus C4 [5 a 6]

### 5.3 Boční airbag

Přední boční airbasy (Obr. 14) jsou umístěny ve vnějším boku opěráku předního sedadla, na rozdíl od zadních, které nalezneme v bočním polštáři (Obr. 15), který navazuje na obložení C-sloupku.

Všechny boční airbasy jsou opět opatřeny otvorem na polyamidovém vaku, kterým dojde po nafouknutí airbagu, k jeho opětovnému vypuštění.

[1]



Obr. 14 Modul bočního airbagu ve vozidle Škoda Fabia III [1 a 2]



*Obr. 15 Zadní boční airbag ve vozidle Škoda Superb III [2]*

#### **5.4 Hlavový airbag**

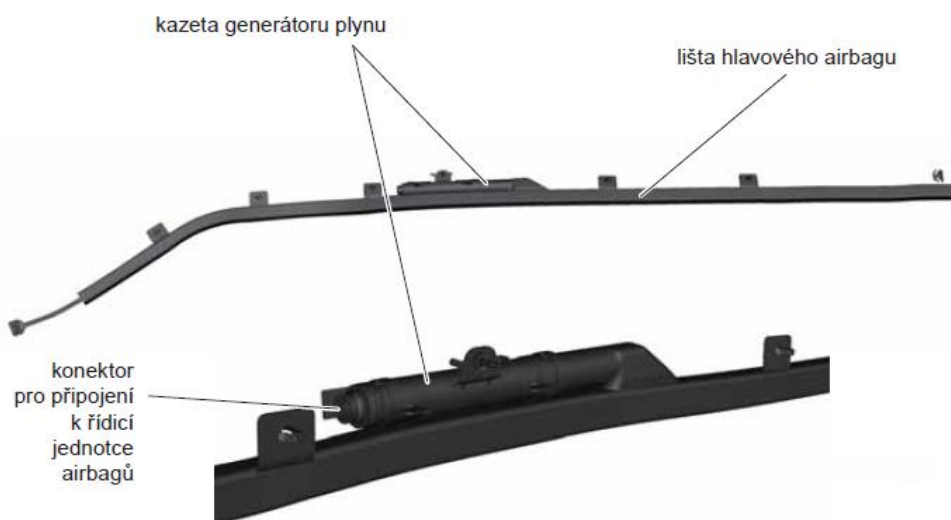
„Hlavový airbag (Obr. 16) je společný pro přední a zadní sedadlo. Modul (Obr. 17) je umístěn ve stropě vozidla. Vak hlavového airbagu se na rozdíl od čelních a bočních airbagů nevyfukuje. Aby se zabránilo úniku plynu z vaku airbagu, je vnitřní strana hlavového airbagu potažená vrstvou silikonu.“

[1]





Obr. 16 Aktivovaný hlavový airbag ve vozidle Škoda Octavia II, vnitřní a vnější pohled [2]



Obr. 17 Hlavový airbag ve vozidle Škoda Octavia II [1]

## 5.5 Kolenní airbag

„Modul kolenního airbagu (Obr. 18) je umístěn pod přístrojovou deskou. V případě nárazu zabraňuje kontaktu dolních končetin s díly přístrojové desky a tvrdými strukturami pod přístrojovou deskou, případně klíčkem zapalování, sloupkem volantu, atd. Kolenní airbag dále zabraňuje podklouznutí těla směrem pod přístrojovou desku. Tím zajišťuje lepší funkci ostatních zadržných systémů.

Styčná plocha kolen s vakem airbagu je minimální a tloušťka airbagu, který se rozbaluje směrem vzhůru podél přístrojové desky (Obr. 19), nemůže být velká, proto se na rozdíl od čelních a bočních airbagů, kolenní airbag nevyfukuje, je tedy výrazně tvrdší.

Aby se zabránilo úniku plynu z vaku airbagu, je vnitřní strana kolenního airbagu potažená vrstvou silikonu, stejně jako je tomu u hlavového airbagu.“

[1]



*Obr. 18 Modul kolenního airbagu pro vozidlo Škoda Yeti [1]*



Obr. 19 Aktivovaný kolenní airbag ve vozidle Škoda Superb III [2]

## 5.6 Airbag v zadním bezpečnostním pásu

Ford uvedl v roce 2011 na trh airbagy v bezpečnostních pásích zadních sedadel (Obr. 20). Prvek, který rozloží zatížení hrudníku v případě kolize na pětkrát větší plochu a tím sníží riziko poranění, především u dětí a starších osob.

Airbagy v zadních pásích se poprvé objevily v americkém sportovně užitkovém vozidle Ford Explorer. Tento prvek chrání v případě čelní kolize hrudník, krk a hlavu cestujících na zadních sedadlech. Výrazné snížení rizika poranění přináší zejména u snadno zranitelných dětí a starších osob. Na první pohled má přitom nafukovací pás téměř stejné vlastnosti jako běžný, který známe ze všech moderních aut.

V případě čelní i boční kolize se pás nafoukne a tím výrazně zvětší svůj objem. Může tak pevněji držet trup pasažéra v bezpečné pozici, aniž by na něj vyvíjel nepřiměřený tlak. Pás se plní plynem ze zásobníku pod sedadlem - stlačený plyn začne proudit do vaku poskládaného uvnitř pásu jako harmonika. Při tom se odspodu začne trhat látka na povrchu pásu a airbag se během zhruba 40 milisekund naplní. Tato doba odpovídá při dálniční rychlosti přibližně vzdálenosti 0,9 metru jízdy.

Protože je plyn v zásobníku udržován při nízké teplotě, po nafouknutí má pás pokojovou teplotu. To je také hlavní rozdíl proti běžnému airbagu, kde je plnicí plyn výsledkem exotermní chemické reakce a vzniká tak teplo. Airbag v bezpečnostním pásu se také nafukuje pomaleji a zůstává naplněný po dobu několika sekund.

[7]



Obr. 20 Airbag v zadním bezpečnostním pásu ve zkušebním vozidle Ford [7]

## 5.7 Airbag pro chodce

V Evropě představují chodci 14 % všech osob usmrčených při dopravních nehodách. V Číně dokonce 25 %. Mnohem více chodců je každoročně zraněno. Nejzávažnější poranění hlavy při kolizi chodce s automobilem jsou způsobena tvrdou konstrukcí pod kapotou, spodní hranou čelního skla a A-sloupky. S ohledem na tyto skutečnosti zahájila společnost Volvo Car Corporation vývoj svého airbagu pro chodce.

Smyslem airbagu je pomáhat chránit chodce v situacích, kdy se dostanou do kontaktu s kapotou a s prostorem kolem štěrbinu stěračů a A-sloupků, kde hrozí riziko vážného poranění hlavy.

V přední vozu je zabudováno sedm čidel, která přenášejí signály do řídicí jednotky. Když se automobil dostane do kontaktu s cizím objektem, signály se změní. Řídicí jednotka signály zpracuje, a pokud je vyhodnotí jako lidské nohy, aktivuje se airbag pro chodce. Závěsy kapoty jsou vybaveny pyrotechnickým uvolňovacím mechanismem, který při aktivaci systému vytáhne čepy a uvolní zadní část kapoty. Zároveň se aktivuje airbag, který se začne plnit plynem. V průběhu nafukování airbag nadzvedne kapotu. Ta se zvedne celkem o deset centimetrů a zůstane v této poloze (Obr. 21).

Zvětšená mezera mezi kapotou a tvrdými částmi v motorovém prostoru umožňuje deformaci kapoty, která pomůže utlumit sílu nárazu těla chodce. Airbag plní dvě funkce. Zaprvé zvedne kapotu, čímž pod ní vytvoří potřebný prostor, a zadruhé změkčí dopad těla

chodce na tvrdé části v okolí čelního skla. V nafouknuté poloze airbag zakryje celou šterbinu, kde jsou umístěny stěrače, přibližně jednu třetinu čelního skla a spodní část A-sloupků. Celá sekvence od aktivace systému do plného nafouknutí trvá několik setin sekundy.

Systém je aktivní při rychlostech od 20 do 50 km/h. K 75 % všech nehod s chodci dochází při rychlostech do 40 km/h.

Samotný airbag se skládá z vaku a vyvíječe plynu. Po aktivaci je vak během několika milisekund naplněn plynem.

[8]



*Obr. 21 Aktivovaný airbag pro chodce u vozidla Volvo V40 [8]*

## **5.8 Středový airbag**

V roce 2013 byl ve vozech střední třídy Buick Enclave, Chevrolet Traverse a GMC Acadia představen přední středový airbag.

Tento nový systém, který se rozvine z vnitřní strany opěrky sedadla řidiče dopředu a nahoru mezi řidiče a spolujezdce (Obr. 22), řeší dříve neřešený bezpečnostní problém.

Má potenciál snížit počty tisíců smrtelných zranění způsobených bočním nárazem a následnou kolizí posádky uvnitř vozu.

[9]



*Obr. 22 Aktivovaný středový airbag ve vozidle Buick Enclave [9]*

### **5.9 Airbag na zadním okně**

Toyota Motor v roce 2008 oznámila vyvinutí prvního airbagu na zadním okně (Obr. 23) pro ochranu hlavy pasažérů sedících na zadních sedadlech v případě nárazu zezadu.

Airbag na zadním okně spolupracuje s hlavovými opěrkami, aby minimalizoval závažnost zranění způsobených kolidujícím vozidlem a díly narážejícími do vozidla.

[7]



*Obr. 23 Aktivovaný airbag na zadním okně ve vozidle Toyota iQ [10]*

## 5.10 Motocyklový airbag

- Honda v roce 2005 jako první představila sériově vyráběný motocykl Honda GoldWing vybavený airbagem (Obr. 24). Airbag tak stejně jako u automobilu pohlcuje kinetickou energii jezdce a snaží se zmírnit následky havárie. Vak má objem 150 l a nafoukne se za 15 ms na základě signálu od čtyř čidel detekujících náraz umístěných na přední vidlici.

[3]



Obr. 24 Motocyklový airbag na Hondě GoldWing [3]

## 5.11 Motocyklový airbag v chrániči páteře

Italská společnost Dainese se v roce 2012 stala prvním výrobcem airbagu integrovaným v chrániči páteře (Obr. 25) na kombinéze D-air Racing suit.

D-air Racing suit používá tři čidla zrychlení, dva gyroskopy a sedm čidel k rozpoznání nehody na základě zkušeností z desetiletého vývoje, 5 000 hodin nasbíraných dat a více než stovky nehod. Elektronice trvá pouhých 15 ms na vyhodnocení a aktivování airbagu v případě nehody. Za 30 ms se začne plnit čtyřmi litry vzduchu airbag, který je společně s elektronikou a generátorem plynu ukryt v chrániči páteře na jezdcově kombinéze. Celé zařízení váží 650 g. Čtyři litry vzduchu naplní airbag za 85 milisekund a snižují náraz o 85 %. Předchazejí tak zlomeninám ramen a klíční kosti, což jsou u jezdců nejčastější zranění.

Odpalovací mechanismus vyhodnotí působící síly a neaktivuje se při rychlosti pod 50 km/h nebo v případě, že nehoda nevyžaduje ochranu airbagem.



*Obr. 25 Dainese D-air [12]*

Neočekávaná aktivace airbagu, jako například při hrubém třesení hlavou, ke kterému dochází při začátku vzniku havárie, nezpůsobí jezdcovi problém. Hvězda MotoGP Jorge Lorenzo se dostal při GP Valencie 2009 do divokého smyku, který aktivoval airbag, ale smyk zvládl a byl schopen i s aktivovaným airbagem pokračovat dál v závodě.

[12]

## **6. Zařízení související s airbagem**

### **6.1 Deaktivace airbagu spolujezdce**

Deaktivace čelního airbagu u spolujezdce (Obr. 26) umožní umístit na sedadlo například dětskou sedačku zády ke směru jízdy, aniž by došlo k ohrožení dítěte aktivovaným airbagem.





Obr. 26 Vypínač airbagu spolujezdce ve vozidle Škoda Superb II [2]

Deaktivace airbagu spolujezdce je signalizována kontrolkou (Obr. 27) v zorném poli řidiče.



Obr. 27 Kontrolka deaktivace airbagu spolujezdce ve vozidlech Škoda [2]

## 6.2 Bezpečnostní pásy s předepínačem

„Přestože je tělo pasažéra připoutáno bezpečnostním pásem, dojde při nehodě, jakým je např. čelní náraz, k prudkému pohybu těla směrem dopředu. Tento pohyb je dovolen:

- vůlí v cívce navinutého pásu,
- vůlí způsobenou oděvem pasažéra

Vymezení těchto vůlí a tím zkrácení a zbrždění pohybu cestujícího se dosahuje předepínači bezpečnostních pásů.

Předepínače pásů se aktivují po nárazu (časy se liší podle druhu nárazu). Tím se pás navine a vymezí jmenované vůle.

Ve vozech Škoda je použito pyrotechnické předepínání pásů. Odpálení nálože je zde aktivováno signálem řídicí jednotky airbagů.

Signál z řídicí jednotky airbagů aktivuje pyropatronu, vzniklé plyny uvedou do pohybu soustavu kuliček, které otáčejí ozubeným kolem (Obr. 28) Pohybem ozubeného kola je poháněn buben, na který se navíjí bezpečnostní pás.“

[1]



Obr. 28 Soustava kuliček, které otáčejí ozubeným kolem předepínače pásů [1]

### 6.3 Posuvný sloupek řízení

„Sloupek řízení ve vozech Škoda je konstruovaný jako posuvný. Při čelním nárazu, kdy dojde k aktivaci airbagu a nárazu těla řidiče, přes airbag na volant (Obr. 29), se sloupek řízení zasune o cca 75 mm a zmenší možnost poranění o volant.

Zvětšení prostoru pro řidiče umožní zádržným systémům brzdit tělo řidiče po delší dráze.“

[1]



*Obr. 29 Zasunutí sloupku řízení při nárazu [1]*

## **7. Trendy ve vývoji airbagů**

### **7.1 Venkovní airbag**

Společnost TRW nyní vyvíjí vzduchové vaky, které by se nafukovaly z boku vozidla (Obr. 30). Cílem je lépe chránit posádku při bočních nárazech. Airbag by se musel nafouknout těsně před srážkou, což je rozdíl proti současným airbagům – ty se vystřelí v momentě srážky. Z důvodů enormní náročnosti při vývoji se předpokládá, že boční vnější airbasy se do automobilů dostanou až za několik let.

TRW nyní testuje boční airbasy s objemem cca 200 litrů, které jsou dlouhé 2 metry, na výšku měří 70 centimetrů a mají tloušťku 15–20 centimetrů. K nafouknutí se používají dvě patrony.

[13]



*Obr. 30 Externí airbag firmy TRW [13]*

## **7.2 Airbag pro cyklisty**

Nová ochrana hlavy byla vyvinuta na stejném principu, na kterém fungují airbasy u automobilů. Nafukovací helma je ukryta ve speciálním límci. Po srážce s automobilem nebo pádu na zem se velmi rychle aktivuje ochranný štít (Obr. 31), který zabrání poraněním hlavy. Límec je vybavený malou bombičkou s héliem, jež tento skládací airbag dokáže nafouknout za desetinu sekundy.

Cesta od nápadu k zahájení prodeje trvala celých šest let, během kterých se testoval límec, do něhož airbag lze ukryt, senzory, které jsou aktivovány při pádu či nárazu, i speciální systém nafouknutí límce a jeho tvar.

[14]



*Obr. 31 Aktivovaný airbag pro cyklisty [14]*

### **7.3 Adaptivní airbag**

Adaptivní airbag (Obr. 32) firmy Mercedes-Benz si na rozdíl od klasického airbagu dokáže předvolit míru svého nafouknutí. Klasický čelní airbag má objem kolem 120 litrů. Adaptivní airbag se umí nafouknout přesně podle polohy a hmotnosti svého pasažéra, tím dokáže optimalizovat střet těla s airbagem a výrazně snížit následky havárie.

[15]



*Obr. 32 Adaptivní airbag Mercedes-Benz [15]*

## 7.4 Venkovní airbag ke zpomalení vozu při nehodě

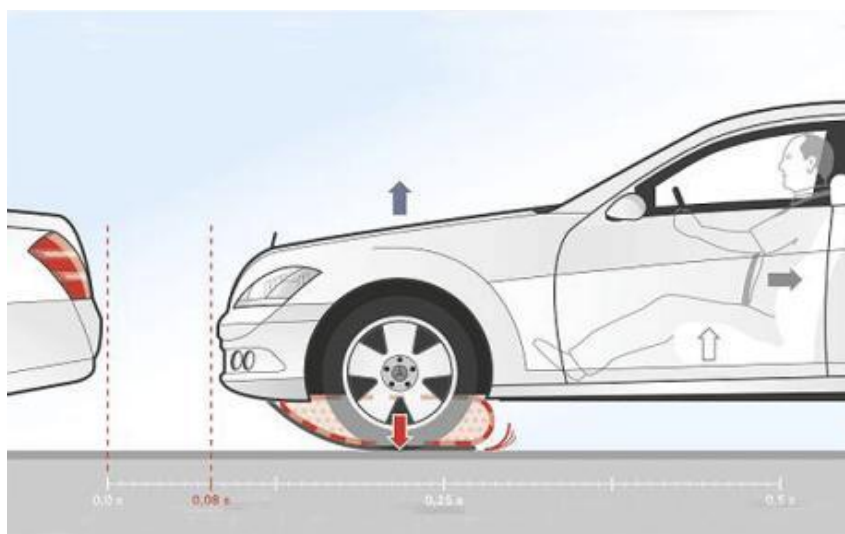
Mercedes-Benz vyvinul airbag, který se před čelním nárazem během několika milisekund rozvine pod přední částí vozidla (Obr. 33) a svým třením o povrch vozovky zdvojnásobí brzdné účinky vozidla.

Dále zvedne předek vozidla o cca 8 cm k eliminování ponoření přídě při tvrdém brždění. Zlepší tak kontakt s nárazníkem vozidla vpředu a zlepší účinnost bezpečnostních pásů, protože zabrání podklouznutí pasažérů pod nimi.

Tento airbag, který by mohl být montován v příštích modelech Mercedes je testován na hybridním vozidle třídy S. Je umístěn na nosníku přední nápravy pod zakrytím podvozku. Aktivuje se pouze při nouzovém brždění ve chvíli, kdy čidla vyhodnotí, že je srážka nevyhnutelná.

Airbag chráněný hliníkem a gumovým nebo uhlíkovým štítem dokáže maximalizovat brzdnou sílu z 1 g na suchém povrchu až na 2 g a zmírnit tak následky kolize.

[16]



Obr. 33 Rozvinutý airbag pod přídí vozidla [16]

## 7.5 Budoucnost v oblasti bezpečnosti

V blízké budoucnosti bude docházet především k rozvoji aktivní bezpečnosti, jako jsou systémy pro předcházení nehodám, systémy hlídání jízdního pruhu a dalších,

než k rozvoji pasivní bezpečnosti, tedy airbagu a deformačních zón, které minimalizují zranění při nehodě.

Zpracování jízdních dat, čidla a technologie elektronického řízení se za posledních několik let velmi zdokonalily. To umožňuje výrobcům vývoj širokého spektra asistenčních systémů pro předcházení nehodám nebo jejich zmírnění.

Výhledově budou airbasy napojeny na čidla vyhodnocující nevyhnutelnost srážky a budou schopny aktivovat airbag ještě před nárazem. K nafouknutí bude stačit menší energie než nyní. Tím dojde k minimalizaci zranění, která vznikají při aktivaci airbagu.

## 8. Materiál airbagů

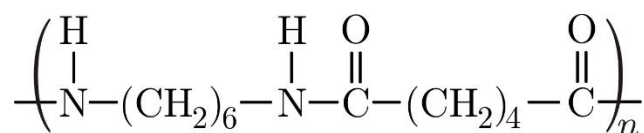
Tkanina airbagů musí být pokud možno co nejvíce ohebná, aby bylo možné složit je do relativně malého objemu, ale zároveň dostatečně pevná, aby vydržela rychlé nafouknutí rozbuškou a náraz pasažéra.

Nejdůležitější požadavky na materiál airbagu jsou:

- Vysoká pevnost v tahu
- Vysoká strukturální pevnost
- Nízká prodyšnost
- Dobrá tepelná kapacita
- Dobré chování při skládání
- Dobré pohlcení energie
- Dobrá přilnavost povrchu
- Funkčnost při extrémně nízkých i vysokých teplotách
- Možnost složení
- Snížené poranění pokožky
- Dobrá tepelná stabilita
- Absence nopků, uzlů, roztřepených konců

Trendy ve vývoji systému airbagu leží zejména ve snižování váhy airbagu, za účelem minimalizování zranění způsobených samotným airbagem. Dále také zmenšování prostoru potřebného pro instalaci airbagu. Toho je docíleno výše zmíněným snižováním hmotnosti a lepšími vlastnostmi pro skládání.

Airbagy a systémy airbagů se od doby představení ve vozidlech významně změnily. Tento proces nevyhnutelně pokračuje a proběhne mnoho dalších změn v systému, designu a metodách plnění airbagu, zahrnující všechny části systému od čidel až po generátory plynu, s tím jak dochází k rozšíření použití airbagů z interiéru i do exteriéru vozidel. I přes zvažování různých materiálů, polyamid 6,6 (Obr. 34) zůstává tím jediným správným materiálem. Není to překvapení, protože léta zkušeností ukazují, že kde je potřeba vlákna pohlcující nárazy, vlastnosti polyamidu 6,6 ho k tomuto použití přímo předurčují. Nejnovější výzkumy vhodných materiálů pro výrobu airbagů včetně polyesterových vláken, směřují vývoj i nadále k polyamidu 6,6.



Obr. 34 Chemický vzorec polyamidu 6,6 [12]

Nejpoužívanějším materiálem pro vlákna airbagu je polyamid 6,6 v jemnosti o rozsahu od 47 do 93 tex. Pro boční airbagy se používá polyamid 6,6 o jemnosti 209 tex.

Tabulka č. 1 ukazuje typ, jemnost, gramáž, tuhost a další vlastnosti. Tyto tkaniny jsou obecně tkány s konstrukcí:

- Jemnost 93 tex, dostava 386 x 386 /dm, plátňová vazba, šíře 150 cm.
- Jemnost 47 tex, dostava 760 x 760 /dm plátňová vazba, šíře 150 cm.



Tabulka č. 1: Konstrukce tkaniny

Typ airbagu	S neoprenovým potahem		Bez potahu		Se silikon. potahem
	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6	
Vlákno	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6	Polyamid 6.6
Jemnost [tex]	93	47	93	47	47
Počet nití v osnově /dm	386	760	126	225	181
Počet nití v útku /dm	386	760	126	225	181
Gramáž [g/m <sup>2</sup> ]	280	260	252	244	175
Tloušťka [mm]	0.38	0.34	0.4	0.35	0.25

V minulosti bývaly airbagy potahovány neoprenem, ale nyní se prosazuje potahování silikonem a nebo verze bez potahu. Potahované verze jsou převážně preferovány pro sedadlo řidiče. Gramáž nepotaženého airbagu je vyšší než u potahovaného silikonem – od 244 g/m<sup>2</sup> do 280 g/m<sup>2</sup> oproti 175 g/m<sup>2</sup> (Tabulka č. 1).

Byly testovány fyzikální vlastnosti tkaniny airbagu – s potažením a bez potažení s následujícími výsledky (Tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Fyzikální vlastnosti

Parametry	Bez potažením	S potažením
Dostava /dm	386 x 386	386 x 386
Tloušťka [mm]	0.013	0.107
Hmotnost [g / m <sup>2</sup> ]	201	294
Pevnost v tahu		
Osnova [MPa]	533	450
Útek [MPa]	549	478
Prodloužení		
Osnova [mm]	33.6	28
Útek [mm]	35.3	38

[18]

## 8.1 Proč Polyamid 6,6?

S výjimkou několika málo starých vzorů vyběhlých z výroby jsou všechny polštáře airbagů konstruovány z vláken vyrobených z polyamidu 6,6 – nylonu.

Hlavním hnacím prvkem byl výkon v poměru k ceně. Hlavním úkolem airbagu je pohltnout náraz. Polyamid 6,6 má nejvyšší schopnost pohlcení energie. Poměr mezi pevností a prodloužením mu dává bezkonkurenční vhodnost pro použití pro výrobu materiálu na polštáře airbagů. Výkonnostní atributy, které vedly k masovému využití v průmyslu, jsou mez pevnosti, pevnost v tahu, schopnost absorpce energie, pevnost, žárovzdornost a stabilita v čase, měřená zrychlenými testy stárnutí.

Dále stojí za povšimnutí vynikající poměr váhy a výkonu oproti jiným polymerům s výjimkou vysokovýkonných polyketonů PEEK nebo PEKK.

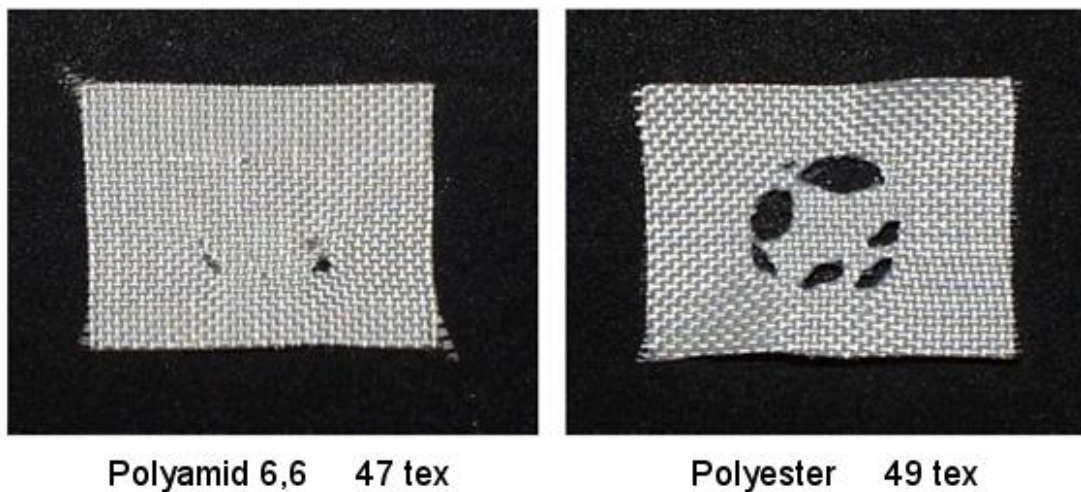
Pro porovnání klíčových vlastností polyamidu 6,6 a polyesteru je vytvořena tabulka č. 3. Nejdůležitějšími rozdíly mezi oběma polymery je hustota a měrná tepelná kapacita.

Tabulka č. 3: Porovnání klíčových vlastností polyamidu 6,6 a polyesteru

	Polyamid 6,6	Polyester
Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	1140	1390
Měrná tepelná kapacita [kJ/kg/K]	1.67	1.3
Bod tání [°C]	260	258
Bod měknutí [°C]	220	220
Energie potřebná k tavení [kJ/kg]	589	427

Jak bylo uvedeno výše, běžné provozní podmínky jsou pro vlákna airbagu z pohledu termálního a absorpce mechanické energie značně nepříznivé. Přestože polyamid 6,6 a polyester mají podobné body tání, velký rozdíl v měrné tepelné kapacitě způsobuje, že energie potřebná k roztavení polyesteru je o 30 % nižší, než ta, která je potřebná k roztavení polyamidu 6,6. Proto při každém případě, kdy je použit pyrotechnický plynový generátor, jsou polštáře vyrobené z polyesteru mnohem náchylnější k propálení nebo protavení povrchu nebo švu. Obrázek 35 zobrazuje názorně tento rozdíl. Dvě tkaniny s identickou konstrukcí byly testovány v kontaktu s tělesem

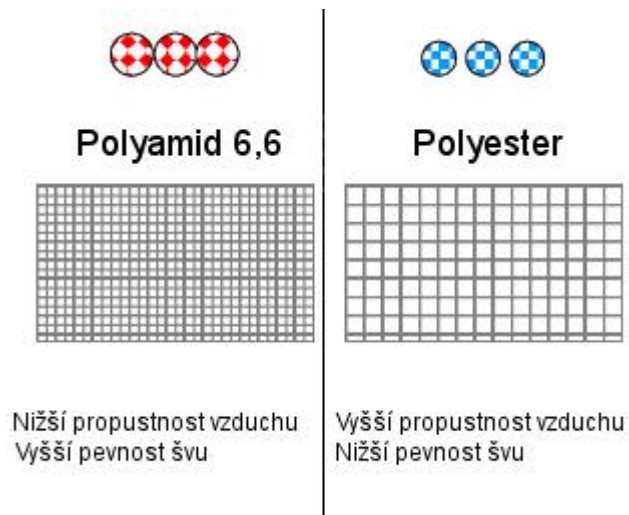
o teplotě 400 °C po dobu 2 sekund. I přes větší hmotu polyesterové tkaniny je rozdíl v tavení zcela zřetelný.



*Obr. 35 Porovnání tavení polyamidu 6,6 a polyesteru při teplotě 400 °C po dobu 2 sekund. [19]*

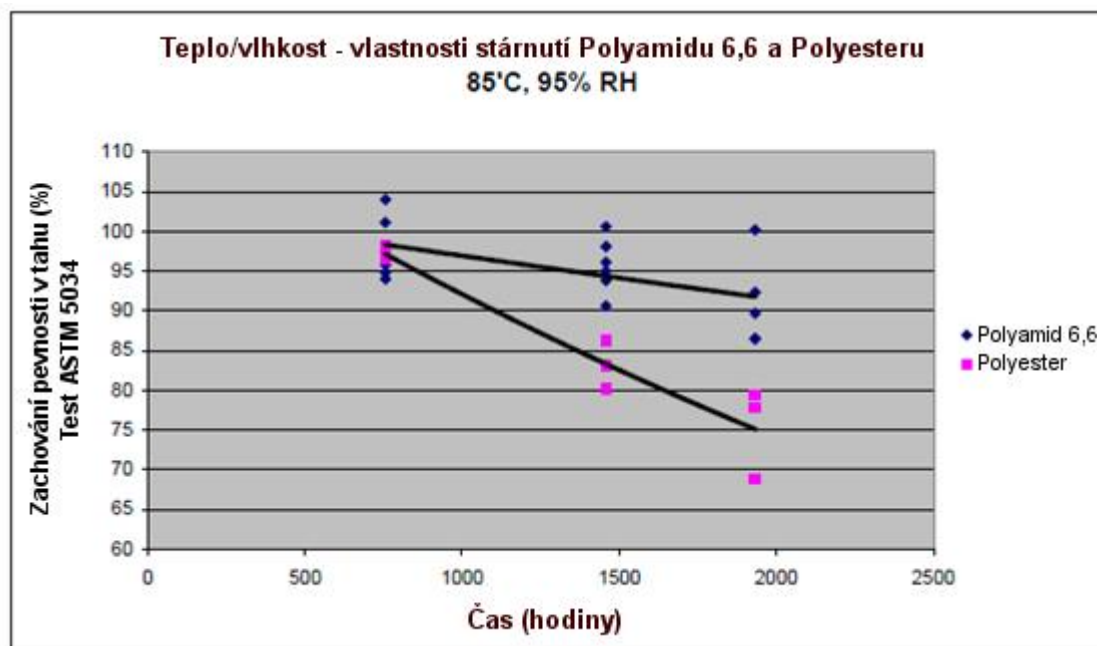
Druhá výhoda polyamidu 6,6 je jeho nízká hustota. Pro tkaniny s vlákny stejného průměru a ve stejné konstrukci je polyester o 20 % těžší, než tkanina vyrobená z polyamidu 6,6. Menší hustota má klíčové výhody – snížení hmotnosti polštáře snižuje kinetickou energii nárazu na posádku v nesprávné poloze a tím zvyšuje bezpečnost a umožňuje tak snížit hmotnost vozidla. Samozřejmě to také zvyšuje cenu materiálu ve srovnání s polyesterem.

Rozdíl v hustotě těchto polymerů vede k vyšší jemnosti polyesterových vláken než u polyamidu 6,6 pro stejný průměr vlákna. Toto vede k menšímu zaplnění tkaniny, jak je znázorněno na obrázku 36. Při použití polyesterového vlákna je textilie více prostupná pro únik plynu. To snižuje tepelnou ochranu posádky a znesnadňuje návrhářům polštáře kontrolovat dynamiku jeho rozbalení. Navíc vzhledem k tomu, že pevnost švu je silně závislá na zaplnění tkaniny, je tím negativně ovlivněna. To je podstatné zejména pro kontrolu úniku horkého plynu skrz šev, což je jeden z kritických problémů pro inženýry, a možné zvýšení rizika spojeného se snížením tepelné odolnosti.



Obr. 36 Zaplnění tkaniny – polyamid 6,6 vs. polyester[19]

V úvahu musí být brány vysoké nároky na spolehlivost a chování vláken po celou dobu životnosti airbagu. Očekává se, že airbag bude 100% funkční po desítky let téměř všude na světě – v horku Egypta, chladu Skandinávie a v horkém a vlhkém podnebí Malajsie. Polyamid 6,6 je znám pro vynikající dlouhodobé zachování svých vlastností za extrémních podmínek. To je jeden z hlavních atributů jeho dalších použití např. u vojenských popruhů, zvedacích popruhů a neprůstřelných vest. Obrázek 37 ukazuje porovnání zachování pevnosti polyamidu 6,6 a polyesteru při stárnutí v teple a vlhkosti při 85 °C a 95% relativní vlhkosti.



Obr. 37 Chování polyamidu 6,6 a polyesteru při působení tepla a vlhkosti

[19]

## 9. Výroba airbagu

Výroba airbagu zahrnuje tři oddělené výrobní linky, které dohromady vedou k výrobě modulu airbagu. Musí být vyroben pohon, smontovány součásti vyvíječe plynu a musí být vystřižena a sešit samotný airbag. Někteří výrobci nakupují již hotové komponenty jako polštáře airbagu nebo rozbušky a poté je jen smontují dohromady do modulu airbagu.

Největšími výrobci airbagů jsou v současné době firmy Takata, TRW, Daicel, Autotiv a GST.

### 9.1 Výrobní postup

Následující popis výrobního procesu je pro airbag řidiče.

#### 1. Pohon

Pohon se skládá z azidu sodného s oxidačním činidlem, které pomáhá azidu v hoření po zážehu. Azid sodný se získává od externích dodavatelů a je kontrolován, zda splňuje dané požadavky. Po zkontrolování je bezpečně uskladněn do doby, kdy je

potřeba. Ve stejnou dobu je od externích dodavatelů dodáno oxidační činidlo, zkontrolováno a uskladněno. Různí výrobci používají různá oxidační činidla.

## 2. Míchání

Po vyskladnění jsou azid sodný a oxidační činidlo opatrně smíchány dohromady vysoce sofistikovaným počítačem řízeným procesem. Vzhledem k nebezpečí exploze je zpracování prováděno v izolovaných bunkrech. V případě, že čidla zaznamenají jiskru, jsou místnosti v bunkru okamžitě naplněny vodou. Výroba probíhá paralelně v několika bunkrech, takže v případě havárie není produkce ohrožena, ale pouze snížena.

## 3. Lisování

Po smíchání pohonu je směs odeslána k uskladnění. Zde je slisována do formy tablet nebo pelet.

## 4. Montáž generátoru plynu

Součásti generátoru plynu jako je spalovací komora, dutý kluzný píst a pyrotechnická zápalka jsou dodány od externích dodavatelů a zkontrolovány. Součásti jsou poté smontovány na vysoce automatizované lince.

## 5. Svařování

Smontovaný generátor plynu a pohon jsou spojeny dohromady. Laserové svařování za použití CO<sub>2</sub> je použito pro svaření nerezových součástí a hliníkové součásti jsou svařovány metodou inerciálního třecího svařování.

## 6. Testování

Celý komplet je poté otestován a odeslán k uskladnění.

## 7. Airbag

Tkanina dodaná externím dodavatelem je zkontrolována na výrobní vady. Z tkaniny jsou poté laserem vyřezány potřebné tvary a jsou sešity dohromady jak zvenčí, tak zevnitř. Po sešití je airbag nafouknut a zkontrolován, zda nejsou nějaké nedostatky na švech.

#### 8. Konečná kompletace modulu

Celý komplet je upevněn do testovací stolice a otestován. Poté je složen a překryt plastovým krytem s programově zeslabenými místy. Kompletní modul je poté otestován.

#### 9. Expedice

Model je poté zabalen a expedován k zákazníkům.

#### 10. Další součásti

Zbývající komponenty jako nárazová čidla, řídicí jednotky, propojovací volantová vinutá pružina pro airbag a stavové kontrolky jsou s modulem zkompletovány až při konečné montáži do vozidla. Vše je propojeno svazkem elektrické instalace.

[11]

## 9.2 Kontrola kvality

Kontrola kvality při výrobě je zjevně velmi důležitá, protože na ní závisí životy. Dvě hlavní oblasti kontroly jsou pyrotechnické testy a testy pohonu a statické a dynamické testy zápalky.

Pohon před namontováním do zápalky je nejdříve balisticky otestován, aby se dalo předpovídat jeho chování. Reprezentativní vzorek generátoru plynu je stažen z výrobní linky a testován na správnou funkčnost kompletním testem, který zahrnuje měření tlaků vyrobených generátorem oproti času v milisekundách. Tím se zjistí dostatečné množství plynu vytvořeného pro správné nafouknutí airbagu. Airbagy samotné jsou testovány na bezchybnost švů a na netěsnosti.

Automatické testy jsou prováděny po každé fázi výroby pro zjištění vad. Každý výrobce používá radiografii pro testování dokončeného generátoru plynu oproti vzoru uloženému v počítači. Každý s odchylkou je vyřazen.

[11]

## **Závěr**

Airbagy prošly v posledním desetiletí velkým vývojem a došlo k jejich masovému rozšíření. Težko byste dnes ve výrobě hledali vozidlo, které by nemělo nainstalován alespoň airbag řidiče. V Evropě jsou přední a boční airbagy de facto standardem.

Polyamid 6,6 zůstane díky svým vlastnostem v poměru cena/výkon i nadále pro výrobce airbagů volbou číslo 1. Sice již existují materiály s lepšími vlastnostmi, ovšem díky své vysoké ceně zůstanou spíše jako prezentace schopností výrobců na veletrzích, než že by se prosadily do sériové výroby.

V budoucnu se dá očekávat zejména rozšíření systémů zabraňujícím nehodě, než přidávání dalších airbagů do vozidla. S rozvojem moderních technologií a trvalým připojením vozidel k internetu, ať už prostřednictvím chytrého telefonu nebo vlastní SIM karty, bude možné přenášet mezi vozidly informace o stavu a podmínkách na vozovce a připravit tak řidiče a vozidlo na náledí, nepřehledné místo s nutností prudkého brždění před překážkou a dalších krizových situací, takže případů, kdy bude airbag potřeba, by díky tomu mělo ubývat. Výrobci vozidel také postupně odtajňují své prototypy vozidel s automatickým řízením.



## Seznam obrázků

Obr. 1 Larry Patrick, profesor z Wayne State Univerzity v Detroitu prováděl některé testy přímo na sobě [1].....	10
Obr. 2 Aktivované airbasy ve voze Škoda Yeti [2] .....	11
Obr. 3 Mercedes-Benz W126 po nárazové zkoušce [3] .....	12
Obr. 4 Fáze nafouknutí airbagu řidiče [4].....	14
Obr. 5 Řez modulem čelního airbagu řidiče [1].....	15
Obr. 6 Aktivační systém airbagů ve voze Škoda Yeti [1] .....	16
Obr. 7 Generátor plynu pro airbag s pyrotechnickou zápalkou [1].....	18
Obr. 8 Hybridní plynový generátor pro airbag [1] .....	19
Obr. 9 Plynový generátor [1] .....	19
Obr. 10 Složení modulu airbagu řidiče ve vozidle Škoda Octavia II [1] .....	20
Obr. 11 Modul airbagu spolujezdce [1].....	21
Obr. 12 Aktivované airbasy řidiče a spolujezdce ve vozidle Škoda Fabia III [2] .....	21
Obr. 13 Airbag umístěný ve stropě Citroënu Cactus C4 [5 a 6] .....	22
Obr. 14 Modul bočního airbagu ve vozidle Škoda Fabia III [1 a 2] .....	22
Obr. 15 Zadní boční airbag ve vozidle Škoda Superb III [2].....	23
Obr. 16 Aktivovaný hlavový airbag ve vozidle Škoda Octavia II, vnitřní a vnější pohled [2].....	24
Obr. 17 Hlavový airbag ve vozidle Škoda Octavia II [1].....	24
Obr. 18 Modul kolenního airbagu pro vozidlo Škoda Yeti [1].....	25
Obr. 19 Aktivovaný kolenní airbag ve vozidle Škoda Superb III [2] .....	26
Obr. 20 Airbag v zadním bezpečnostním pásu ve zkušebním vozidle Ford [7].	27
Obr. 21 Aktivovaný airbag pro chodce u vozidla Volvo V40 [8].....	28
Obr. 22 Aktivovaný středový airbag ve vozidle Buick Enclave [9] .....	29
Obr. 23 Aktivovaný airbag na zadním okně ve vozidle Toyota iQ [10] .....	29
Obr. 24 Motocyklový airbag na Hondě GoldWing [3] .....	30
Obr. 25 Dainese D-air [12] .....	31
Obr. 26 Vypínač airbagu spolujezdce ve vozidle Škoda Superb II [2] .....	32
Obr. 27 Kontrolka deaktivace airbagu spolujezdce ve vozidlech Škoda [2] .....	32
Obr. 28 Soustava kuliček, které otáčejí ozubeným kolem předepínače pásů [1]	33
Obr. 29 Zasunutí sloupku řízení při nárazu [1].....	34
Obr. 30 Externí airbag firmy TRW [13].....	35
Obr. 31 Aktivovaný airbag pro cyklisty [14].....	36
Obr. 32 Adaptivní airbag Mercedes-Benz [15].....	36
Obr. 33 Rozvinutý airbag pod přední vozidla [16] .....	37
Obr. 34 Chemický vzorec polyamidu 6,6 [12].....	39
<b>AIRBAG - MINULOST, SOUČASNOST, BUDOUCNOST</b>	<b>48</b>

Obr. 35 Porovnání tavení polyamidu 6,6 a polyesteru při teplotě 400 °C po dobu 2 sekund. [19].....	42
Obr. 36 Zaplnění tkaniny – polyamid 6,6 vs. polyester[19] .....	43
Obr. 37 Chování polyamidu 6,6 a polyesteru při působení tepla a vlhkosti.....	44

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Konstrukce tkaniny .....	39
Tabulka č. 2: Fyzikální vlastnosti .....	39
Tabulka č. 3: Porovnání klíčových vlastností polyamidu 6,6 a polyesteru .....	40

## Použitá literatura

- [1] ŠKODA AUTO, *SSP 78 – Dílenská učební pomůcka - Pasivní bezpečnost*. Interní školící dokument, 2009.
- [2] Fotografický archiv Škoda Auto
- [3] Webové stránky *Autolexicon.net* [online] dostupné na:  
<<http://www.autolexicon.net/cs/articles/airbag/>> [2011-03-30]
- [4] Webové stránky *Mercedes-Benz.sk* [online] dostupné na:  
<<http://media.mercedes-benz.sk/mbsk/press-centrum?&artid=840>> [2010-10-08]
- [5] Webové stránky *LaVanguardia.com* [online] dostupné na:  
<<http://www.lavanguardia.com/motor/20140521/54407158813/citroen-airbag-techo-c4-cactus.html>> [2014-05-21]
- [6] Webové stránky *TRW.com* [online] dostupné na:  
<<http://safety.trw.com/roof-airbag-helps-produce-a-more-relaxed-interior/0410/>> [2014-04-10]
- [7] Webové stránky *Auto.cz* [online] dostupné na:  
<<http://www.auto.cz/ford-pas-airbag-3400>> [2011-11-09]
- [8] Webové stránky *Volvocars.com* [online] dostupné na:  
<<http://www.volvocars.com/cz/top/about/news-events/pages/default.aspx?itemid=105>> [2012-05-29]
- [9] Webové stránky *GM.com* [online] dostupné na:  
<

[http://media.gm.com/media/ca/en/gmc/news.detail.html/content/Pages/news/ca/en/2013/Feb/0214\\_Airbag.html](http://media.gm.com/media/ca/en/gmc/news.detail.html/content/Pages/news/ca/en/2013/Feb/0214_Airbag.html)> [2013-02-14]

- [10] Webové stránky *Automobilesreview.com* [online] dostupné na:  
<<http://www.automobilesreview.com/auto-news/toyota-iq-smallest-and-safest/7421/>> [2008-12-02]
- [11] Webové stránky *Madehow.com* [online] dostupné na:  
<<http://www.madehow.com/Volume-1/Air-Bag.html>>
- [12] Webové stránky *Motorcycle.com* [online] dostupné na:  
<<http://www.motorcycle.com/products/dainese-dair-racing-leathers-make-us-debut-91214.html>> [2012-01-25]
- [13] Webové stránky *Novinky.cz* [online] dostupné na:  
<<http://www.novinky.cz/auto/315046-trw-vyviji-vnejsi-airbag-chranit-bude-posadku-uvnitri-auta.html>> [2013-10-03]
- [14] Webové stránky *NaKole.cz* [online] dostupné na:  
<<http://www.nakole.cz/clanky/731-airbag-pro-cyklisty-vystrelek-nebo-novy-trend.html>> [2010-10-26]
- [15] Webové stránky *Autolexicon.net* [online] dostupné na:  
<<http://www.autolexicon.net/cs/articles/size-adaptive-airbag/>> [2011-05-17]
- [16] Webové stránky *Telegraph.co.uk* [online] dostupné na:  
<<http://www.telegraph.co.uk/motoring/road-safety/5495705/External-airbag-slows-car-in-a-crash.html>> [2009-06-11]
- [17] Webové stránky *Quido.cz* [online] dostupné na:  
<<http://www.quido.cz/objevy/airbag.htm>>
- [18] Webové stránky [online] dostupné na:  
<<http://textilelearner.blogspot.cz/2012/09/air-bags-for-automobiles-materials-and.html>>
- [19] SUN J., BARNES J. A.: Materials Selection for Airbag Fabrics. DuPont, 2003.

- [20] FUNG W., HARDCASTLE M.: Textiles in Automotive Engineering, Woodhead Publishing Limited, 2000.