

Porovnání mechanických vlastností bočních autoskel

Comparison of mechanical properties of the side windscreens

Tomáš Kaňovský

**Bakalářská práce
2010**



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky**

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KAŇOVSKÝ**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Porovnání mechanických vlastností bočních autoskel**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma
2. Příprava vzorků pro destruktivní zkoušky
3. Provedení destruktivních zkoušek
4. Vyhodnocení naměřených výsledků

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ŠTĚPÁN, Popovič . Výroba a zpracování plochého skla. Praha : Grada, 2009. 256 s. ISBN 978-80-247-3154-4
2. VONDRUŠKA, Vlastimil. Sklářství. Alena Vondrušková. Praha : Grada, 2002. 273 s. ISBN 80-247-0261-4
3. DOREMUS , Robert H. Glass Science (2nd Edition). New York : John Wiley & Sons, 1994. 339 s. Dostupný z WWW: . ISBN 978-1-60119-548-7
4. PŠENKA, Radek. Komplexní využití mechanických vlastností skel a jejich elektronické ochrany k zabezpečení objektů. Zlín, 2009. 60 s. UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí bakalářské práce Ing. Rudolf Drga
5. IVANKA, Ján,. Systemizace bezpečnostního průmyslu I / . 3. vyd. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 123 s. : ISBN 978-80-7318-850-4 (brož.)

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. David Maňas, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

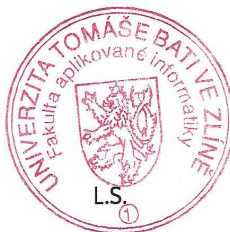
19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Krátké objasnění pojmu sklo, shrnutí nejčastěji používaných bočních automobilových skel a jejich výrobců. Charakteristika protislunečních a bezpečnostních fólií. Vysvětlení proč používat fólie a jakým způsobem dochází k vykradení automobilu skrze skla a kde se tato činnost děje.

Porovnání mechanických vlastností bočních automobilových skel 2 různých výrobců zkouškou rázovou, pádovou a ohybovou s aplikovanou protisluneční fólií, bezpečnostní fólií a bez fólie.

Klíčová slova: plavené sklo, autosklo, bezpečnostní fólie, vykradení automobilu

ABSTRACT

Short explanation of the concept of glass, a summary of the most commonly used automotive side windows, and their manufacturers. Characteristics of the solar and safety films. Explanation of why to use film and how are the theft of a car through the glass and where the activity is happening.

Comparison of mechanical properties of the side windscreens 2 different manufacturers of the test shock, stall, and bending with the applied solar films, security films and without films.

Keywords: float glass, car side window, security film, autocrime

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Davidu Maňasovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za čas a rady při praktických zkouškách a také svému otci Josefu Kaňovskému za odbornou pomoc při instalaci fólií.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

podpis diplomanta

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 11 |
| 1 SKLO | 12 |
| 1.1 HISTORIE | 12 |
| 1.2 VÝROBA PLOCHÉHO (FLOAT) SKLA | 13 |
| 1.2.1 Historie | 13 |
| 1.2.2 Suroviny pro výrobu | 14 |
| 1.3 TVRZENÍ A TEPELNÉ ZPEVŇOVÁNÍ SKLA | 15 |
| 1.3.1 Napětí ve skle | 16 |
| 1.3.2 Vlastnosti | 16 |
| 1.3.3 Výroba | 17 |
| 1.4 OHÝBANÉ PLOCHÉ SKLO | 17 |
| 1.4.1 Ohýbané ploché sklo tvrzené | 18 |
| 1.5 VRSTVENÉ PLOCHÉ SKLO | 18 |
| 1.5.1 Výroba | 19 |
| 2 AUTOMOBILOVÁ SKLA | 20 |
| 2.1 ZÁKLADNÍ FUNKCE AUTOMOBILOVÉHO SKLA | 20 |
| 2.2 POŽADAVKY NA AUTOMOBILOVÁ SKLA | 21 |
| 2.3 ZÁKLADNÍ SKUPINY A CHARAKTERISTIKY AUTOSKEL | 22 |
| 3 FÓLIE | 24 |
| 3.1 PRÁVNÍ ÚPRAVA INSTALACE FÓLIÍ | 24 |
| 3.1.1 ATEST 8SD a typový list | 25 |
| 3.2 PROTISLUNEČNÍ FOLIE | 25 |
| 3.2.1 Použité zkratky | 26 |
| 3.3 BEZPEČNOSTNÍ FÓLIE | 27 |
| 3.4 DEFINICE PARAMETRŮ | 28 |
| 3.5 TECHNICKÉ PARAMETRY FÓLIÍ LLUMAR | 29 |
| 3.5.1 Typy fólií | 29 |
| 3.5.2 Zabarvení fólií | 29 |
| 3.5.3 Typy lepů | 30 |
| 3.5.4 Ochrana povrchu | 30 |
| 3.6 PROČ POUŽÍT FÓLIE | 30 |
| 3.6.1 Porovnání skel s fólií a pokovených skel | 32 |
| 3.7 MONTÁŽ FÓLIÍ | 33 |
| 3.7.1 Montážní předpis firmy LLumar | 33 |
| 3.7.2 Požadavky na kvalitu instalace | 34 |
| 3.7.3 Údržba fólií | 35 |
| 4 NORMY A ZKOUŠENÍ | 36 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.1 | ČSN EN 12600 | 36 |
| 4.2 | ČSN EN 356 | 36 |
| 5 | SYSTEMIZACE..... | 37 |
| 5.1 | VNIKNUTÍ DO AUTOMOBILU..... | 37 |
| 5.1.1 | Vniknutí do automobilu vybaveného alarmem..... | 39 |
| 5.2 | PREVENCE PROTI VYKRADENÍ..... | 39 |
| 5.3 | MOŽNOSTI NAPADENÍ AUTOMOBILU SKRZE SKLO | 40 |
| 5.3.1 | Prostředky pro napadení..... | 40 |
| 5.3.2 | Místa napadení | 40 |
| 5.3.3 | Důvody napadení..... | 40 |
| 5.4 | STATISTIKA VYKRADENÍ AUTOMOBILŮ | 40 |
| 5.4.1 | Zlínský kraj..... | 41 |
| 5.4.2 | Jihomoravský kraj | 41 |
| 5.4.3 | Hlavní město Praha | 42 |
| 5.4.4 | Celková statistika | 42 |
| 5.5 | POROVNÁNÍ POČTU KRÁDEŽÍ VĚCÍ Z AUTOMOBILŮ V ČR V LETECH 2008 A 2009..... | 43 |
| 5.5.1 | Hodnota rizika vykradení automobilu..... | 44 |
| 5.6 | CHOVÁNÍ AUTOSKLA PŘI NEHODĚ..... | 44 |
| 5.6.1 | Boční náraz..... | 44 |
| 5.6.2 | Nebezpečné předjíždění | 45 |
| 5.7 | ÚNIK Z AUTOMOBILU VYBAVENÉHO FÓLIEMI..... | 45 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 47 |
| 6 | PROSTŘEDKY PRO TESTOVÁNÍ | 48 |
| 6.1 | OLYMPUS I-SPEED 2 | 48 |
| 6.2 | MITUTOYO..... | 48 |
| 6.3 | KYVADLO..... | 49 |
| 7 | TESTOVANÉ MATERIÁLY | 50 |
| 7.1 | SKLA THORAX..... | 50 |
| 7.1.1 | Boční zadní sklo | 50 |
| 7.1.2 | Boční zadní trojúhelníkové sklo..... | 50 |
| 7.2 | SKLA SEKURIT..... | 51 |
| 7.2.1 | Boční přední sklo | 51 |
| 7.2.2 | Boční zadní sklo | 51 |
| 7.2.3 | Boční zadní trojúhelníkové sklo..... | 51 |
| 7.3 | PROTISLUNEČNÍ FÓLIE | 52 |
| 7.4 | BEZPEČNOSTNÍ FÓLIE..... | 53 |
| 8 | PÁDOVÁ ZKOUŠKA V LABORATOŘI..... | 54 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8.1 | POKUS Č.1 | 55 |
| 8.2 | POKUS Č.2 | 56 |
| 8.3 | POKUS Č.3 | 56 |
| 9 | KYVADLOVÁ ZKOUŠKA V TERÉNU | 59 |
| 9.1 | SKLO BEZ FÓLIE | 60 |
| 9.1.1 | Pokus č. 1 | 60 |
| 9.2 | SKLO S BEZPEČNOSTNÍ FÓLÍÍ..... | 62 |
| 9.2.1 | Pokus č. 1 | 63 |
| 9.2.2 | Pokus č. 2 | 63 |
| 9.2.3 | Pokus č. 3 | 64 |
| 9.2.4 | Pokus č. 4 | 65 |
| 9.2.5 | Pokus č. 5 | 65 |
| 9.2.6 | Pokus č. 6 | 67 |
| 9.2.7 | Pokus č. 7 | 67 |
| 9.2.8 | Pokus č. 8 | 68 |
| 9.3 | SKLO S PROTISLUNEČNÍ FÓLÍÍ | 68 |
| 9.3.1 | Pokus č. 1-7 | 69 |
| 9.3.2 | Pokus č. 8 | 69 |
| 10 | ZKOUŠKA OHYBEM V LABORATOŘI..... | 72 |
| 10.1 | SKLA THORAX..... | 72 |
| 10.1.1 | Pokus č. 1 | 72 |
| 10.1.2 | Pokus č. 2 | 73 |
| 10.1.3 | Výsledky zkoušky | 73 |
| 10.2 | SKLA SEKURIT..... | 75 |
| 10.2.1 | Pokus č. 1 | 75 |
| 10.2.2 | Pokus č. 2 | 75 |
| 10.2.3 | Výsledky zkoušky | 76 |
| | ZÁVĚR | 78 |
| | ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ..... | 80 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 82 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 83 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 84 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 86 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 87 |

ÚVOD

V této bakalářské práci se tématem zaměřením na Porovnání mechanických vlastností automobilových skel. Cílem práce je zlepšení mechanické odolnosti autoskel.

Toto téma jsem si vybral kvůli blízkému vztahu k motorismu a již dřívějšímu zájmu o automobilové fólie.

V teoretické části se věnuji problematice výroby automobilových skel. Výroba skel je dnes již nepostradatelnou částí průmyslového odvětví. Historie výroby se datuje do 3. tisíciletí před naším letopočtem. Od té doby urazila technologie výroby skel velmi dlouhou cestu. Posledním stádiem vývoje výroby skla je dnes již nepostradatelná výroba plochého skla, které je vyráběno litím na vrstvu roztaveného kovu. Hotové výrobky z plochého skla jsou pak dále opracovávány a přetvářeny dle dnešních vysokých požadavků.

Výroba automobilového skla má poměrně krátkou tradici. První instalace skla do automobilu byla provedena až na začátku 20. století. Automobilová skla jsou vyráběna z plochého skla, které je dále upravováno. Základními procesy pro úpravu autoskel jsou ohýbání, tepelné tvrzení a vrstvení. Tepelné tvrzení skla je prováděno pro vytvoření vnitřního napětí autoskla, aby při nehodě došlo k rozpadu na mnoho neostrých úlomků, které snižují možnost poranění osob. Všechny automobilová skla jsou tvrzená včetně předního skla, které je zároveň vrstvené.

Automobilových fólií je na našem trhu velké množství, ne všechny však mají potřebné schválení. Pro testování byly použity schválené protisluneční a bezpečnostní fólie firmy LLumar.

Dále je v teoretické části zpracována statistika krádeží věcí z automobilu v České republice v letech 2005 až 2009, a také souhrn preventivních opatření ke snížení rizika vykradení automobilu.

Praktická část zahrnuje tři různé druhy zkoušek automobilových skel dvou různých výrobců. Zkoušky byly provedeny na autosklech výrobců Thorax a Sekurit. Testování bylo prováděno pádovou a ohybovou zkouškou v laboratorních podmínkách a také zkouškou v terénu přímo na automobilu pomocí kyvadla. Při těchto zkouškách jsou testovány samostatné skla a skla s instalovanými fóliemi firmy LLumar. Instalací těchto fólií jsme chtěli docílit zvýšení mechanické odolnosti automobilového skla.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SKLO

Sklo je materiálem, jehož výroba a vývoj má velmi pestrou a dlouhou tradici. V začátcích bylo sklo nečisté a používalo se k dekorativním účelům. Následně dosahovalo funkčních podob až do dnešní doby, kdy je velmi hojně využíváno a jeho výroba je nadále zdokonalována.

1.1 Historie

Výroba skla má v celém světě dlouholetou tradici a jedná o jedno z nejstarších řemesel. Počátek výroby skla se na různých místech země liší, pravděpodobně z důvodu prvotní výroby skla v malém časovém odstupu na několika místech nezávisle na sobě. Archeologové objevili skleněné výrobky v oblasti dnešní Sýrie z období kolem 5. tisíciletí před naším letopočtem. Výrobky objevené v Egyptě jsou poněkud mladší a jejich stáří se odhaduje na 3500 let př.n.l.. [1]

Výroba plochého skla má poněkud kratší historii. Za nejstarší způsob výroby se považuje ruční výroba, kdy se roztavené sklo lilo do ploché formy a následně bylo uhlazeno do požadovaného tvaru desky. Prvenství tohoto způsobu výroby je připisováno Římanům. Přibližně na počátku našeho letopočtu došlo k vynalezení nejvýznamnějšího sklářského nástroje – sklářské píšťaly. Vynalezením této píšťaly došlo ke zdokonalení výroby skleněných tabulí, kdy se píšťalou foukaly skleněné válce, které byly následně rovnány pomocí bydla. Touto technologií prosluli právě čeští skláři. Předchůdcem foukání skleněných válců byla výroba skla roztáčeného, tzv. korunového, které mělo menší tloušťku a kvalitnější povrch. Na našem území se obě techniky používaly přibližně od počátku 15. století. Roztáčené skla byly používány hlavně pro zasklívání chrámových oken. [2]

Před počátkem výroby dnešního plochého skla metodou plavení (float sklo) se vystřídal mnoho jiných metod výroby. Jedno se například o lité a válcované sklo na stole, kdy se roztavené sklo lilo na kovovou desku a bylo následně rozválcováno do požadovaného tvaru. Dále lité ploché sklo s drátěnou vložkou a lité sklo tvarované přetržitým litím. Pak následovalo strojní lití plochého skla a výroba plochého skla tažením. Posledním stádiem před nástupem procesu float byla výroba plochého zrcadlového skla. Lité i tažené skla neměly kvalitní povrch, proto se přistoupilo k výrobě zrcadlového skla. Označení

zrcadlové sklo se používá, protože toto sklo bylo prvotně určeno pro výrobu skla do zrcadel i pro zrcátka důležitá v rozvíjejícím se automobilovém průmyslu. Povrch zrcadlového skla byl oboustranně mechanicky broušen a následně leštěn, čímž došlo k vytvoření skla požadované kvality. [3]

Proces Float – jedná se o novou technologii plavení plochého skla (Float Process), kterou objevili Angličané na začátku roku 1959. Produkovat ploché sklo technologií plavením skla v lázni roztaveného kovu začala po sedmiletém úsilí anglická společnost Pilkington Brothers. Tato technologie byla zlomová, protože již nebylo zapotřebí sklo složitě mechanicky opracovávat. V Československu byl zahájen zkušební provoz touto metodou na sklonku roku 1969. Tato metoda zcela ovládla svět a v současné době je výroba jinou metodou téměř nepředstavitelná. [4], [3]

1.2 Výroba plaveného (float) skla

Tato výroba je oproti předešlým mnohem ekonomičtější a méně namáhavá. Odpadá náročné oboustranné mechanické broušení a leštění povrchu, aby ploché sklo dosáhlo zrcadlové kvality. Zlepšuje se také kvalita plochého skla, která splňuje čím dál větší nároky na efektivnost a kvalitu výroby. [5]

1.2.1 Historie

Pravděpodobně první zmínka o možnosti tvarování tabule skla litím na hladinu roztaveného kovu pochází z poloviny 19. století od pana Bessemera. První patent této technologie výroby obdržel Američan William Heal v roce 1902. První experiment výroby plochého skla na roztaveném antimonu byl realizován koncem 20. let 20. století v závodě Creighton společnosti PPG Industrie. Tento pokus nebyl úspěšný kvůli problémům s konstrukcí lázně. Následně byla tato technologie rozvíjena týmem společnosti Pilkington Brothers, kteří sklo lili na roztavený cín. Setkali se však s problémy při odtahování ochlazeného skla z lázně roztaveného kovu skrze válce, které na skle způsobovaly optické vady. Formování utaveného skla skrze válce nebylo tedy možné kvůli otiskům, jež válce na skle zanechávaly. Metoda následného válcování musela být opuštěna. Výhodou tvarování tabule nátokem na roztavený cín bylo, že následně ochlazené sklo mělo díky gravitační síle a síle povrchového napětí na konci linky pokaždé téměř konstantní tloušťku 6-7mm bez ohledu na chemické složení skla a atmosféry lázně. Firma Pilkington Brothers

musela dle komerčních požadavků vyrábět i jiné tloušťky skel. Pro výrobu skla tenčího, než bylo sklo rovnovážné, jej znovu zahřivali za současné změny tlaku. Výrobou tlustšího skla docílili omezením tažné síly ochlazeného skla stejně jako u výroby skla tenčího. [6], [3]

1.2.2 Suroviny pro výrobu

Pro výrobu skla a dosažení co nejvyšší kvality je potřebný výběr surovin a velikost jejich procentuálního zastoupení.

| Prvek | A | B | C | D |
|--------------------------------|-------|-------|-------------|---------------|
| SiO ₂ | 72,14 | 72,50 | 71,50-72,50 | 72,14 ± 0,48 |
| Al ₂ O ₃ | 0,55 | 1,00 | 1,30-2,50 | 0,77 ± 0,39 |
| CaO | 9,30 | 8,10 | 6,00-8,20 | 8,59 ± 0,40 |
| MgO | 4,10 | 3,90 | 4,30-5,00 | 3,98 ± 0,20 |
| Na ₂ O | 13,50 | 13,70 | 11,00-13,40 | 13,65 ± 0,42 |
| K ₂ O | 0,06 | 0,30 | 0,50-1,50 | 0,25 - 0,28 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,07 | 0,07 | 0,04-0,90 | 0,077 ± 0,026 |
| TiO ₂ | 0,06 | - | - | - |

Tabulka 1 Chemické složení float skloviny [1]

Sklovina: A - AGC Flat Glass Czech, a. s.,
 B – Fanderlik,
 C - čínský patent pro velmi tenké sklo,
 D - průměrné složení plaveného skla evropských výrobců v letech 1976 až 1993.

Výčet základních surovin pro výrobu plaveného skla: [7]

- Sklářský tavný písek - obsahuje sklotvorný oxid křemičitý SiO₂. Tento oxid má pro výsledné sklo pozitivní vlastnosti, mezi něž patří snížení elektrické vodivosti, zvýšení chemické odolnosti, zlepšení mechanických vlastností, snížení teplotní roztažnosti atd. Písek je těžen a následně zbavován nežádoucích příměsí železa. Upravené těžené písky, které jsou dodávány do skláren, mají kvalitu deklarovanou v normě ČSN 721202.
- Dolomit - minerál CaMg(CO₃)₂, používá se pro zanesení oxidu hořečnatého MgO a oxidu vápenatého CaO do směsi skla. Oba oxidy podporují chemickou odolnost

skla a oxid hořečnatý navíc zlepšuje mechanické vlastnosti. Nejčistší ložiska dolomitu se nachází v rámci Evropy ve Španělsku, Norsku, Francii a na Slovensku.

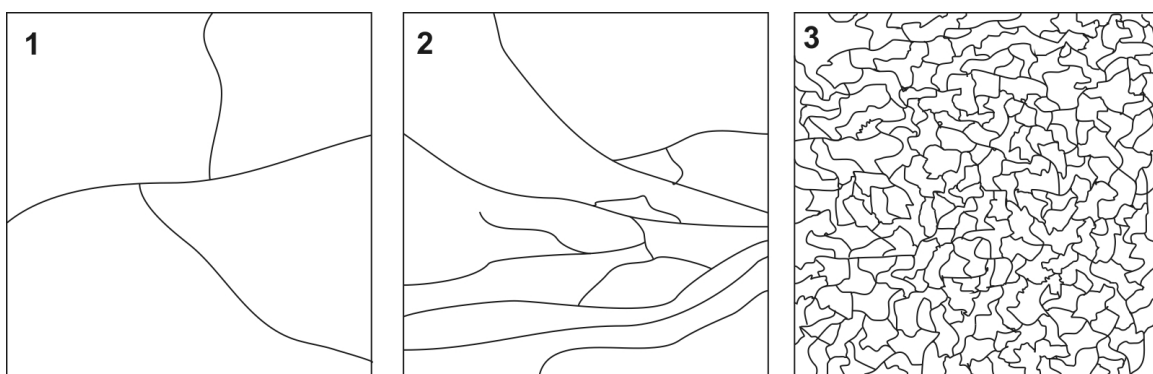
- Vápenec - minerál CaCO_3 , používá se pro zanesení oxidu vápenatého CaO do směsi skla jako dolomit, ale pouze tehdy, je-li žádoucí zvýšení nad poměr oxidů dolomitu. Oxid vápenatý zpevňuje strukturu skla, zvyšuje chemickou odolnost a zlepšuje teplotní roztažnost. Ložiska se nacházejí téměř po celém světě. V naší republice se těží v oblasti Krkonoš, Šumavy a Dražanské vysočiny.
- Soda - uhličitan sodný Na_2CO_3 , vnáší do skla oxid sodný Na_2O , usnadňuje zpracování skla, kdy podporuje tavení a následně i homogenizaci skloviny, naopak snižuje mechanickou pevnost a zhoršuje chemickou odolnost skla.
- Sulfát - síran sodný Na_2SO_4 , do skla je přidáván jako syntetická látka, při tavení skloviny funguje jako čeřivo a vnáší do skla oxid sodný.
- Znělec - vyvřelá sopečná hornina, která je složena z řady minerálů. Obsahuje velké množství alkálií a používá se při výrobě čirého nebarevného skla.
- Živec - přírodní minerál s velkým rozšířením v nečisté formě. Rozlišujeme živce draselné, sodné a vápenaté. Stejně jako znělec obsahuje alkálie, které jsou jako jediné pro sklářství použitelné. Využívá se pro výrobu zeleného skla.
- Další minoritní suroviny - při výrobě skla je požadována chemická čistota a také dodržení barevného odstínu. Zelené zabarvení může být docíleno přidáním oxidu železa a dle jeho procentuální koncentrace dosáhnout sytosti odstínu zelené.
- Ostatní prvky také zapříčiňují zabarvení skla, jedná se například o oxid vanadičný – zelené až žluté, síran kobaltnatý – modré a grafit – zelené.

1.3 Tvrzení a tepelné zpevňování skla

Bezpečnostní tvrzené sklo se vyrábí vyhřátím skla na požadovanou teplotu, která je blízká bodu měknutí skla a pak je prudce a stejnoměrně ochlazen. Prudkým ochlazením se vytvoří ve skle trvalé rovnoměrně rozložené tlakové napětí. Toto napětí způsobuje, že při rozbití se tvrzené sklo rozpadne v celé své ploše na velký počet tupohranných úlomků, které nemají ostré řezné hrany a tím značně snižují riziko poranění. Tvrzené sklo se vyznačuje zvýšenou mechanickou pevností a tepelnou odolností, přičemž bývá někdy

nesprávně pojmenováváno jako sklo kalené. Tvrzené skla nelze po celém procesu jakkoli mechanicky upravovat, proto požadovaný tvar skla musí být vytvořen před tepelným vytvrzením. [8]

Zpevněné, někdy také sklo nazývané polotvrzené můžeme vyrobit pomalejším ochlazováním, které je rychlejší než u klasického skla, ale zároveň pomalejší jak u procesu tvrzení. Tepelně zpevnění skla mají mechanickou pevnost mezi pevností klasického a tvrzeného skla. Při rozbití se sklo rozpadá na větší ostrohranné úlomky. [9]



Obrázek 1 Lomové obrazce

1 – normální sklo; 2 – tepelně zpevněné sklo (polotvrzené); 3 – bezpečnostní tvrzené sklo

1.3.1 Napětí ve skle

Tepelné tvrzení probíhá, jak již bylo řečeno, zahřátím na teplotu blízkou bodu měknutí a pak dojde k rychlému ochlazení proudem vzduchu, či ponořením do kapaliny. Ochlazované sklo chladne nejvíce na svém povrchu, nejméně pak uprostřed. Následkem je různá intenzita smršťování povrchu a středu. Vnitřní teplá vrstva chladne pomaleji a má tendenci se také smršťovat jako povrch, ale ve smršťování ji brání již vychladlá vnější vrstva. Díky tomu vznikají ve skle trvalá povrchová tlaková a vnitřní tahová napětí. Pevnost dosahovaná tvrzením je závislá na tvaru, druhu, velikosti skla a způsobu ochlazování. [10]

1.3.2 Vlastnosti

Základní vlastností tvrzeného skla je rozpad skla na mnoho malých neostrých úlomků vlivem úderu např. špičatým předmětem. Kvůli způsobu tepelného zpracování je ve skle akumulována velká energie napjatosti a při překročení tahového napětí dojde zdánlivě k rozpadu celé plochy skla naráz. Maximální rychlost šíření trhliny ve skle dosahuje

rychlosti 1500 až 2000 m/s. Trhliny se větví a dochází k lavinovému efektu v celé ploše skla. [11]

Chlazená tvrzená skla mají zvýšenou mechanickou pevnost na pětinasobek, naproti tomu tepelně zpevněná skla dosahují pouze dvojnásobku zvýšené mechanické pevnosti.

Použití je v oblastech, kde předpokládáme náhlé změny teplot, či tam kde chceme snížit riziko poranění osob při rozbití. Jedná se například o zasklení dopravních prostředků, celoskleněné dveře, terasy, sprchové kouty, terénní budky aj. [12]

1.3.3 Výroba

Základem pro výrobu je ohřívací pec, ochlazovací zařízení a zařízení umožňující manipulaci se skly. Podle polohy tvrzení se agregáty dělí na svislé a vodorovné. Výhodnější je použití agregátů umožňující tvrzení ve vodorovné poloze a to z toho důvodu, že nedochází při manipulaci s výrobky k neodstranitelnému poškození jejich povrchu od závěsů skel. Oba dva typy obsahují vzduchové sprchy, díky kterým se sklo ochlazuje požadovanou intenzitou. [13]

1.4 Ohýbané ploché sklo

S postupem nových trendů vyvstaly požadavky na skla různě tvarovaná. Ohýbané sklo se svými vlastnostmi nijak neodlišuje od klasického plochého obyčejného či tvrzeného skla.

Dělení ohýbaných skel podle aplikace: [14]

- bezpečnostní skla pro automobily,
- bezpečnostní skla pro transportní prostředky (vyjma automobilů),
- bezpečnostní skla pro vnitřní dělící příčky v budovách a dveře,
- bezpečnostní skla pro koupelnovou techniku,
- izolační skla pro opláštění budov (vč. bezpečnostních variant),
- skla pro spotřebiče.

Pro výše uvedené aplikace je nutno použít sklo s bezpečnostní charakteristikou, kdy je požadovaná třída bezpečnosti dána aplikačními normami, které obsahují metody zkoušení

skleněných ploch. Normy pro bezpečnostní skla v architektuře jsou např. ČSN EN 12150, ČSN EN 14179 a pro sklo ohýbané a vrstvené ČSN EN 14449. Zkoušek pro bezpečnostní aplikace je mnoho, zkouška dynamickým bočním rázem je podle ČSN EN 12600. Další zkoušky mohou být prováděny vystřelením projektilu, kdy se testuje odolnost čelního skla vlakové soupravy simulující náraz kamene či ledu při vjíždění do tunelu. [15]

Zkoušení pro automobily simuluje také případ nehody, kdy by sklo mohlo být příčinou zranění posádky. Dnešní automobilová skla jsou tvarována do velmi složitých tvarů ať už kvůli aerodynamice či estetice. Pro bezpečnost posádky jsou tyto skla vrstvená a mohou být probarvená, s potiskem nebo povlakem. [16]

1.4.1 Ohýbané ploché sklo tvrzené

Výroba tohoto skla spočívá v kombinaci výrobních technik pro ohýbání a tepelné tvrzení. Touto kombinací dochází prvně ke tvarování skla, následnému oboustrannému vytvrzování a vzduchovým chlazením obou povrchů. V současné době se používají mimo klasických tvarovacích forem také flexibilní dopravníky s numericky řízeným nastavením, které nevyžadují žádnou formu a vedou ke zvýšení kapacity a flexibility výroby. [17]

Ohýbané sériově vyráběné tvrzené skla pro automobilový průmysl podléhají nárokům na extrémní jakost. Sledována je kvalita skla, jeho povrchu a také nezkrivení prostupujícího obrazu. V případě nesprávného zakřivení skla může být obraz při průhledu značně deformován. [18]

1.5 Vrstvené ploché sklo

Velmi významné zpracování skla. Nejčastější použití je v architektuře, transportních vozidlech a spotřebičích. Základem je vrstvení dvou nebo více tabulí plochého skla, přičemž je spojení provedeno za pomoci pružné přilnavé mezivrstvy. Tato vrstva je nejčastěji tvořena polyvinylbutyralem (PVB), etylvinylacetátem (EVA), případně ionoplastem SentryGlassPlus (SGP). Kvalita těchto výrobků se řídí dle normy ČSN EN 14449. Hlavním znakem pro tyto skla je zvýšení odolnosti skleněné plochy proti násilnému vniknutí a bezpečné chování skla po jeho rozbití. Vlastnosti vrstveného skla závisí na tloušťce, počtu použitých tabulí skla a charakteru fólií jež jsou skla proloženy. [19]

Vrstvené bezpečnostní sklo slouží pro ochranu osob před zraněním při nehodě a také jako ochrana před násilným vniknutím, průstřelem, případně i výbuchem. Po rozbití zůstávají střepy na fóliích a nedochází k jejich uvolnění. [20]

1.5.1 Výroba

Výroba vrstveného skla zahrnuje mnoho složitých operací a dodržení maximální čistoty. Základní výrobní operace jsou příprava skla a fólie, prokládání, předlisování, řezání a finální lisování.

Pořadí výrobních operací: [21]

- Příprava skla – nařezání požadovaných tvarů, mytí a dokonalé osušení,
- Příprava fólie a prokládání tabulí – použitá fólie je nejčastěji polyvinylbutyralová, která nesmí přijít do styku s vlhkostí. Prokládání fólií je možno ručně, nebo automaticky a děje se v prostorách s filtrovaným vzduchem, teplotou 25 °C při vlhkosti 30% a mírném přetlaku. Nejčastěji používané tloušťky PVB fólie jsou 0,38mm a 0,76mm,
- Předlisování – provádí se při teplotě 70 °C, kdy dochází k vytlačování vzduchu a následně uzavření okrajů,
- Řezání – dle počtu spojených tabulí je řezání prováděno pomocí diamantového kotouče, nebo tvrdokovovými řezacími kolečky,
- Lisování – prováděno v autoklávu pro dokonalé spojení tabulí skla a PVB. Proces lisování se provádí za teploty 140 °C po dobu 5,5 až 6,5 hodiny při tlaku 10 barů. Po uplynutí doby lisování dochází k pozvolnému ochlazení prostoru autoklávu pomocí vodních chladičů a snižování tlaku.

2 AUTOMOBILOVÁ SKLA

Skla na budovách a jiných objektech byla poměrně dlouho využívána oproti automobilovému využití, které má vcelku krátké trvání. Navzdory tomu je dnes automobilové sklo jedním z nejrychleji se rozvíjejících odvětví zpracování plochého skla. Historie automobilového průmyslu měla zásadní vliv na vývoj nových řešení pro výrobu zasklení. [22]

| Období | | Klíčová událost, nebo technologie | Komentář |
|--------|------------|---|--|
| 1 | před 1907 | Zasklení není součástí automobilu | Do roku 1903 je Francie hlavním výrobcem automobilů. USA se stává hlavním výrobcem v roce 1904, Ford T je prodáván bez zasklení. |
| 2 | 1907 | První čelní zasklení s použitím silného skla | |
| 3 | 1909 | Patent na vrstvené sklo (triplex, Benedictus) | |
| 4 | 1920-1929 | Několik typů automobilů vybaveno vrstveným sklem (celuloid a acetylcelulóza) | Sklo je často příčinou zranění při nehodě |
| 5 | 1930-1939 | Bezpečnostní tepelně tvrzené sklo, vyhřívané sklo, první zasklení komplexních tvarů, střešní sklo | Velmi inovativní období |
| 6 | 1940-1949 | Vrstvené sklo s použitím PVB | |
| 7 | 1950-1959 | Panoramatické čelní sklo, použití skla probarveného ve hmotě (zelené) | |
| 8 | 1960-1969 | Ploché sklo plavené | |
| 9 | 1970-1979 | Čelní sklo se stává součástí konstrukce vozu (lepení), vyhřívaná zadní skla | Výrazné naklonění čelního skla |
| 10 | 1980-1989 | Vrstvené sklo se v Evropě stává povinným, extrudují se profily na sklo | Japonsko se stává v roce 1980 hlavním výrobcem automobilů na světě |
| 11 | 1990-1999 | Boční vrstvená skla (pro zvukovou izolaci a ochrannou funkci) IR reflexní povlaky (čelní skla) | Významné zvětšení zasklené plochy |
| 12 | 2000-2007 | Systémy pro zobrazování HUD, elektrochromatické zasklení, důraz na komfort | |
| 13 | Budoucnost | Komfort/Bezpečnost/Ochrana životního prostředí | Tlak na komfortní, ale ekonomická řešení |

Tabulka 2 Vývoj automobilového zasklení

2.1 Základní funkce automobilového skla

Automobilové sklo musí plnit některé ze základních funkcí pro bezpečnost a komfortnost. Hlavními funkcemi jsou: [23]

- Zvýšení bezpečnosti a tedy zajištění ochrany zdraví a života osob při provozu nebo nehodě,
- Ochrana vozidla před možnostmi poškození nebo vniknutí (vandalismus, vloupání, krádež),
- Ochrana před klimatickými vlivy, prostup přirozeného osvětlení do kabiny vozidla,
- Zajištění tepelné pohody ve vozidle pro zlepšení komfortu a ekonomického provozu,
- Snížení hladiny hluku pomocí zvukové izolace pro zlepšení komfortu a zdraví,
- Zajištění optimálních optických vlastností pro bezpečné řízení (bez deformace obrazu a jiných defektů),
- Podpora uživatelského rozhraní pro bezpečné řízení,
- Přispění k vysoce estetickému vzhledu vozidel odpovídajícímu moderním nebo módním trendům designu (tvary, barvy).

2.2 Požadavky na automobilová skla

Výroba skleněných částí automobilu je prováděna na základě požadavků výrobce automobilů, přičemž každý automobil má pro skleněné části specifické požadavky.

Hlavními požadavky jsou: [24]

- A. Bezpečnost při použití a nehodě – základní prvky pro bezpečnost můžeme dělit dále do čtyř podkategorií:
 - Bezpečnost osob: zamezení, nebo snížení rizika zranění osob při provozu či nehodě,
 - Transparentnost zasklení: zachování přirozených barev bez defektů nebo distorzí,
 - Odolání nárazu: skla jsou konstruována tak, aby při nárazu lidského těla nedošlo k propadnutí osoby skrze zasklení a energie nárazu byla pokud

možno absorbována. Zkoušení se provádí impaktním testem, který simuluje náraz hlavy – těleso o hmotnosti 2,26kg,

- Průhlednost zasklení a jeho optické vlastnosti: rozdílné pro vnitřní zónu automobilu, kdy zóna A je průhledná část přímo před řidičem, zóna B ostatní skla splňující optické požadavky, která nejsou přímo před řidičem,
- B. Design a způsob opracování – požadavek na zasklení daný do jisté míry módními trendy. V dnešní době je tendence zvětšovat rozměry průhledné plochy karosérie a tím vzniká potřeba výroby složitějších tvarů. Úhel čelního skla se kvůli aerodynamičnosti zvětšuje a přesahuje mnohdy úhel 60 stupňů. Skla mohou mít různé probarvení, povlak, stínící zóny a dle estetiky opracované hrany,
- C. Kvalita estetická a technická – Uživatel automobilu je vždy přítomen velmi blízko jeho skleněných ploch a proto jsou nepřijatelné jakékoli estetické defekty, které mohou ohrozit bezpečnost. Sledovány jsou například deformace obrazu při zakřivení skla, škráby nebo bodové vady povlaku,
- D. Technická funkčnost – dosažení optických, energetických, akustických i bezpečnostních parametrů. U skla, jako součásti karoserie vozidla je dbáno na strukturální uchycení, které je nejčastěji řešeno vlepením.

2.3 Základní skupiny a charakteristiky autoskel

Základní dělení skupin automobilových skel dle použití a vlastností: [25], [4]

- Bezpečnostní tepelně tvrzené sklo – určeno pro snížení rizika zranění osoby při nehodě. Jeho využití je při aplikaci na zadní a boční skla vozidla. Tvrzení má za následek fragmentaci skla na malé neostře úlomky při rozbití. Skla mohou být probarvená ve hmotě, nebo s povlakem kvůli zlepšení komfortu uživatelů a snížení prostupu slunečního záření,
- Bezpečnostní vrstvené sklo – určeno proti propadnutí osoby skrz zasklení, nebo průniku tělesa (kámen, led, atd.) do interiéru vozidla. Použití pro čelní skla automobilů s obvyklou tloušťkou kolem 5mm až po skla pro lokomotivy rychlovlaků o tloušťce přibližně 40mm,

- Sklo blokující UV a IR záření – snižují prostup škodlivého záření, které může vést ke vzniku rakoviny kůže, zkrácení životnosti materiálů v interiéru vozidla a zhoršení komfortu. Blokace záření je realizována nanosením povlaku, probarvením či vrstvením daného skla,
- Sklo pro ochranu soukromí a snížení tepelné zátěže – určeno pro uživatele vyžadující vysoký stupeň soukromí. Tyto skla dokonale chrání posádku před pohledem zvenčí, přičemž hodnota světelného prostupu je pouze kolem 5%. Tento stupeň zatmavení není možno užít pro výhledová čelní skla řidiče. Použití barevného skla má pozitivní vliv na absorpci sluneční energie. Je prokázáno, že až 81% prostupu sluneční energie se děje skrze prosklení automobilu,
- Vrstvené sklo pro zvukovou izolaci – snižuje pronikání obtěžujícího hluku do interiéru vozidla. Složení skla zůstává stejné, jakožto i jeho tloušťka a optické vlastnosti. Pro snížení prostupu hluku je použita pružná mezivrstva,
- Hydrofobní skla – zlepšují bezpečnost a komfort jízdy díky zlepšenému stékání vody. Na sklech je nanosen hydrofobní povlak, který maximalizuje kontaktní úhel smáčivosti povrchu skla vodou. Tyto povlaky nemají bohužel trvalý charakter. Díky povlaku sklo vodu lépe odpuzuje a například při tlaku proudu vzduchu jsou kapky vody odfouknuty s minimálním zbytkem kapek,
- Vyhřívání skla – mají za úkol eliminaci zamlžení skla, či námrazy a sněhu v zimním období. Vyhřívání je realizováno pomocí odporového vodivého povlaku na skle, soustavy vodičů umístěných v mezivrstvě nebo natištěných na povrchu skla. Přivedením proudu dochází k ohřívání skla. Pro zadní skla se využívají hlavně vodivé obrazce vytvořené pomocí síťotisku,
- Sklo pro přenos komunikačních signálů – zajišťuje optimální přenos zejména radiových vln. Přijetí signálu do vozidla umožňuje obrazový potisk vodivých vrstev na skel. Výhodou je integrace antény do zasklení a nenáročnost na údržbu,
- Sklo s informační funkcí (HUD) – jedná se o skla, které umožňují zobrazení informací pro řidiče přímo na ploše skla bez odvrácení pohledu na palubní desku. Head-Up-Display zobrazuje informace na zasklení díky vrstvě na čelním skle, která je schopna obraz odrážet.

3 FÓLIE

V mé práci jsem se zaměřil výhradně na fólie firmy LLumar. Jedná se o americko-anglickou společnost, která se zabývá výrobou a testováním ochranných protislunečních fólií a fólií bezpečnostních pro veškeré skleněné plochy ať už domů, bytů, firemních budov, či automobilů.

Fólie jsou vyráběny v mnoha variantách, takže má zákazník velkou možnost výběru.

Materiál fólie je polyester o různých tloušťkách a barevnostech, přičemž je složen ze dvou částí a to fólie samotné včetně lepidla a fólie ochranné, která má za úkol chránit vrstvu lepidla na dané fólii. Před lepením se tato ochranná fólie postupně odlepuje, aby mohlo dojít k aplikaci požadovaného druhu fólie na skleněnou plochu.

3.1 Právní úprava instalace fólií

Automobilové zasklení je jeden z mnoha bezpečnostních prvků automobilu, proto jsou jeho dodatečné úpravy ošetřeny vyhláškou. Dodržování technických požadavků vyhlášky uvedené níže je zajištěno podle předpisu EHK č. 43. [8]

Vyhláška MDS § 34 odst. 3 vyhlášky č. 341/2002 Sb. říká že: [8]

- Celková propustnost světla čelního skla nesmí být nižší než 75 %,
- Celková propustnost předních bočních skel nesmí být nižší než 70 %,
- Jakákoli úprava čelního skla je nepřipustná,
- Používání reklamních a jiných nálepek neschválených ministerstvem je nepřipustné,
- Zrcadlové fólie nesmí být použity na čelním skle a předních bočních sklech,

Výše uvedená vyhláška č. 341/2002 Sb. je prováděcí vyhláškou k zákonu č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel. [8]

Nedodržením výše uvedených vyhlášek a předpisů je pak automobil hodnocen jako vozidlo ohrožující bezpečnost provozu na pozemních komunikacích dle § 36 odst. 3b) vyhlášky MDS č. 341/2002 Sb. [8]

3.1.1 ATEST 8SD a typový list

Dodatečné úpravy, které jsou provedeny v souladu s výše uvedenými vyhláškami a předpisy musí být označeny na jednotlivých sklech nálepkou obsahující schvalovací značku ATEST 8SD xxxx a informaci o výrobku viz. Obrázek 2. [7]

Typový list, popřípadě certifikát nebo osvědčení vydává odborné pracoviště, nebo pracoviště pověřené, jenž má osvědčení pro odbornou montáž fólií. Ukázka typového listu je v Obrázku 3. [7]



Obrázek 2 Štítky pro dodatečně upravená autoskla [7]



Obrázek 3 Typový list pro automobil s dodatečnou úpravou skel [7]

3.2 Protisluneční folie

Tyto fólie jsou na automobilové skla aplikovány nejčastěji z estetického hlediska, málo lidí si však uvědomuje, že tyto fólie také zvětšují mechanickou pevnost skla automobilu. Koncový zákazník má na výběr mnoho barevných odstínů a také si může zvolit propustnost světla, ale pouze na sklech zadních. Čelní a boční výhledová okna řidiče jsou pro aplikaci ošetřeny vyhláškou ministerstva dopravy a spojů ČR č.56/2001 a č.341/2002 Sb. v souladu s jednotným evropským ustanovením o homologaci EHK č.43. Čelní sklo je již z výroby opatřeno bezpečnostní fólií a jedná se o sklo vrstvené. [6]

Výhody fólií: [6]

- Zabarvení: šedomodré, šedozeleň, šedé a metalizované

- Potlačení sluneční energie: 26-65%
- Pohlčení UV záření: min.99%
- Snížení průhledu do interiéru vozidla
- Snížení tepelné zátěže interiéru a zlepšení komfortu

Vysvětlení parametrů tabulek viz (3.4)

| AUTOMOBILOVÉ OKENNÍ FÓLIE | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|
| OZNAČENÍ folie | ZABARVENÍ folie | POTLAČENÁ SLUNEČNÍ ENERGIE (%) | PŘENOS SVĚTLA (%) | ODRAZ SVĚTLA (%) | STÍNÍCÍ KOEFICIENT | ÚTLUM UV ZÁŘENÍ (minimální) (%) | ABSORPCE (%) |
| AT 05 GR SR HPR | šedomodrá nejtmařejší | 45 | 5 | 5 | 0,63 | 99 | 54 |
| AT 15 GR SR HPR | šedomodrá tmavá | 35 | 18 | 5 | 0,74 | 99 | 39 |
| AT 35 GR SR HPR | šedomodrá střední | 35 | 34 | 6 | 0,73 | 99 | 38 |
| AT 50 GR SR HPR | šedomodrá světlá | 26 | 53 | 7 | 0,85 | 99 | 26 |
| AT 05 CH SR HPR | šedozeleá nejtmařejší | 41 | 5 | 8 | | 99 | |
| AT 20 CH SR HPR | šedozeleá tmavá | 37 | 22 | 6 | 0,73 | 99 | 42 |
| AT 35 CH SR HPR | šedozeleá střední | 32 | 37 | 6 | 0,78 | 99 | 35 |
| AT 50 CH SR HPR | šedozeleá střední | 26 | 53 | 6 | 0,85 | 99 | 26 |
| ATR 05 CH SR HPR | šedozeleá nejtmařejší | 70 | 5 | 12 | 0,34 | 99 | 56 |
| ATR 15 CH SR HPR | šedozeleá tmavá | 53 | 15 | 10 | | 99 | 54 |
| ATR 20 CH SR HPR | šedozeleá tmavá | 56 | 21 | 12 | 0,5 | 99 | 54 |
| ATR 35 CH SR HPR | šedozeleá střední | 51 | 38 | 14 | 0,56 | 99 | 45 |
| ATR 50 CH SR HPR | šedozeleá světlá | 44 | 55 | 8 | | 99 | 45 |
| DL 30 GN SR HPR | zeleá | 54 | 32 | 15 | 0,53 | 99 | 50 |
| DL 25 BL SR HPR | modrá | 51 | 32 | 10 | 0,57 | 99 | 52 |
| PP 35 LU SR HPR | stříbrošedá střední | 50 | 36 | 17 | 0,57 | 99 | 48 |
| XAP 60 GN SR PS Clima Control | šedozeleá velmi světlá | 44 | 57 | 14 | | 99 | 30 |
| XAN 20 N SR PS | šedá tmavá-metalizovaná | 60 | 22 | 25 | | 99 | |
| XAN 35 N SR PS | šedá střední-metalizovaná | 53 | 35 | 22 | | 99 | |
| XAN 03 BK SR PS | stříbrná tmavá | 65,4 | 2,7 | | | 99 | |
| AT 34 GN SR HPR | olivově zeleá střední | 35 | 35 | 8 | | 99 | 39 |

Obrázek 4 Druhy protislunečních fólií LLumar [6]

3.2.1 Použité zkratky

Vysvětlení zkratk prvního sloupečku Obrázku 2: [6]

- AT – typ okenní fólie
- 35 – přenos světla (%)

- GR – zabarvení fólie
- SR – ochranná vrstva povrchu okenní fólie před poškrábáním
- HPR – typ lepu

3.3 Bezpečnostní fólie

Nejčastěji jsou dostupné jako čiré s různou tloušťkou dle požadavků na aplikaci. Je možné je aplikovat jak na klasická skla domů tak i na automobilová skla za podmínek daných vyhláškami. Tyto fólie mají zamezit vysypání skleněné plochy a tím snížit možnost zranění osob. Fólie také zvětšují mechanickou odolnost skla. [6]

Výhody fólií: [6]

- Zabarvení: čiré, šedé, neprůhledné
- Pohlčení UV záření: min.95 %
- Snížení rizika zranění posádky při rozbití
- Zvýšení mechanické odolnosti plochy

Vysvětlení tabulek viz (3.3)

| BEZPEČNOSTNÍ OKENNÍ FÓLIE | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|
| OZNAČENÍ fólie | ZABARVENÍ fólie | POTLAČENÁ SLUNEČNÍ ENERGIE (%) | PŘENOS SVĚTLA (%) | ODRAZ SVĚTLA (%) | STÍNÍCÍ KOEFICIENT | ÚTLUM UV ZÁŘENÍ (minimální) (%) | ABSORPCE (%) |
| SCL SR PS 11 | čirá | 19 | 85 | 10 | 0,99 | 98 | 9 |
| SCL SR PS 8 | čirá | 16 | 89 | 9 | 0,99 | 95 | 7 |
| SCL SR PS 7 | čirá | 16 | 89 | 9 | 0,99 | 95 | 7 |
| SCL SR PS 4 | čirá | 16 | 88 | 9 | 0,99 | 95 | 7 |
| SCL ER PS 4 | čirá bezpečnostní venkovní fólie | 16 | 89 | 9 | 0,97 | 99 | 7 |
| N 1050 SR PS 4 | světle šedá | 48 | 13 | 12 | 0,55 | 99 | 40 |

Obrázek 5 Druhy bezpečnostních fólií LLumar [6]

3.4 Definice parametrů

Vysvětlení pojmů uvedených v obrázcích 4 a 5: [6]

- Celková potlačená sluneční energie (Total Solar Energy Rejected) – Poměr množství celkové sluneční energie v plném rozsahu vlnových délek (280-2500 nm), která je vrácena zasklením do prostoru zdroje, ke množství celkové sluneční energie dopadající na systém. Jedná se o součet celkové odražené (reflected) energie a té části zasklením pohlcené (absorbované) sluneční energie, která je znovu vyzářena do vnějšího prostoru,
- Přenos viditelného světla (Visible Light Transmission) – Poměr množství celkové světelné energie (380-780 nm), která prochází zasklením, ke množství celkové viditelné sluneční energie dopadající na zasklení,
- Odraz viditelného světla (Visible Light Reflection) – Část viditelného slunečního záření odražená zasklením. Poměr množství celkové sluneční energie, která je odražena zpět ven zasklením, k množství celkové viditelné sluneční energie dopadající na zasklení,
- Stínící koeficient (Shading Coefficient) – Poměr tepelné sluneční energie procházející daným zasklením k tepelné sluneční energii jaká by prošla za stejných podmínek čirým, nestíněným, okenním sklem dvojnásobné síly. Stínící koeficient definuje schopnost zasklení regulovat průchod tepelné energie,
- Přenos UV záření (Ultraviolet Transmission) – Poměr množství celkové sluneční energie v UV oblasti (280-380 nm), která prochází zasklením, k množství celkové UV energie, dopadající na zasklení. UV záření je část slunečního spektra, které značně přispívá k blednutí a stárnutí tkanin a plastů.
- Celková absorpce slunečního záření (Total Solar Absorption) – Solární absorpce znamená, že část sluneční energie, není ani přenesena, ani odražena.

3.5 Technické parametry fólií LLumar

3.5.1 Typy fólií

Vysvětlení pojmů týkajících se fólií LLumar: [6]

- S – bezpečnostní,
- R – NR - reflexní – nereflexní,
- RR – externí reflexní,
- N10 a PP – sputtered,
- VE – tepelněizolační,
- AT – automobilové,
- M – matové,
- RHE – venkovní fólie reflexní,
- NHE – venkovní fólie s potlačenou reflexí.

3.5.2 Zabarvení fólií

Výčet možných zabarvení fólií: [6]

- CL – čirá,
- B (BR) – bronzová,
- GO – zlatá,
- SI (bez) – stříbrná,
- G (GR) – šedomodrá,
- GN – zelená,
- BL – modrá,
- BK – černá,

3.5.3 Typy lepů

Podle typu fólie a aplikace rozlišujeme tři druhy lepů: [6]

- CDF - Clear Distortion Free je suché, roztokem aktivované lepidlo. Umožňuje snadnou a rychlou manipulaci s velkými kusy fólie, a proto je vhodné pro relativně prašnější prostředí. Obvyklá doba vytvrzení v teplém letním období je 14 dní (zpravidla podstatně delší),
- HPR – High Performance Resin je aktivní lepidlo citlivé na tlak, zlepšená verze lepidla typu PS, určená na protisluneční a automobilové fólie. Obvyklá doba vytvrzení je 14 dní,
- PR - Pressure Sensitive je vysoce aktivní lepidlo, primárně určené na bezpečnostní fólie. Obvyklá doba vytvrzení záleží na tloušťce bezpečnostní fólie a vrstvy lepidla. Doba vytvrzení se mění s teplotou a vlhkostí vzduchu.

3.5.4 Ochrana povrchu

SR - Scratch Resistant Coating je zkratka pro vrstvu odolnou proti poškrábání. Tvrdost povrchu okenní fólie je zvýšená 4 až 5 krát patentem firmy CPFilms Solutia Inc. Vrstva SR prodlužuje životnost fólie a zajišťuje její ochranu proti poškrábání při běžném užívání a čištění. U venkovních okenních fólií je ochranná vrstva proti poškrábání označena zkratkou ER. [6]

3.6 Proč použít fólie

Použití fólií má své výhody, ale také nevýhody.

Výhody: [6]

- zlepšení celkového vzhledu automobilu,
- snížení rizika vykradení vozu,
- ochrana posádky,
- zvýšení mechanické odolnosti prosklené plochy,
- snížení průniku tepelné energie do objektu až o 81%,

- omezení oslnění,
- ochrana proti vyblednutí,
- vytvoření požadovaného soukromí,
- odrážejí až 65% dopadající sluneční energie, čímž vytvářejí ve voze příjemnější klima,
- snižují průhled skly dovnitř vozu, tím zajišťují větší pocit soukromí a chrání odložené předměty proti náhodným zlodějům,
- pohlcují až 99% škodlivého UV záření, čímž chrání nejen cestující, ale prodlužují i životnost interiéru,
- fólie se dají tvarovat, takže na každé sklo lze instalovat fólii z jednoho kusu, bez napojování,
- při poškození fólie je možná snadná výměna
- záruka na okenní fólie je tři roky, jejich životnost je však podstatně vyšší,
- všechny typy fólií na sklo mají atest Ministerstva dopravy a spojů České republiky,
- snižuje riziko vykradení automobilu a při nehodě chrání před střepy.

Nevýhody: [6]

- větší viditelnost drobných mechanických poškození, či nedokonalostí skleněné plochy
- estetická vada způsobená možným ulpěním prachu na lepicí vrstvě fólie při aplikaci
- možnost poškrábání
- aplikace je ošetřena vyhláškou

3.6.1 Porovnání skel s fólií a pokovených skel

Nejčastější estetickou a funkční metodou úpravy vlastností automobilových skel je zatemnění. Při zatemňování má zákazník možnost volby mezi pokovením skla a aplikací protislunečných či bezpečnostních fólií. [7]

Folie: [7]

- montáž bez vyřezání lepených oken,
- montáž přímo na automobilu bez vyjmutí bočních oken,
- výběr z mnoha druhů, stupňů zatmavení a mnoha barev,
- lze poškrábat ostrými předměty,
- při poškrábání lze autofólii strhnout a znovu instalovat,
- při rozbití skla chrání posádku před střepy.
- Lze jednoduše vrátit do původního stavu stržením fólie

Pokovení: [7]

- je nutné lepená okna předem vyřezat a posléze znovu nalepit,
- výběr pouze z několika stupňů zatmavení a několika barev,
- lze poškrábat ostrými předměty,
- při poškrábání nelze pokovení opravit,
- nelze vrátit do původního stavu, maximálně výměnou skla, nebo použitím speciální chemie,
- při rozbití skla nechrání posádku před střepy,
- v noci, kdy svítí palubní a přístrojová deska, autorádio, navigace apod. se zrcadlový efekt pokovení obrací a na autoskle se odráží interiér automobilu a mnohdy se snižuje pohled vně automobilu,
- při dotyku mastnou nebo upocenou rukou se někdy na vrstvě kovu nenávratně vytvoří skvrny (mapy) nejčastěji modro-hnědé barvy,

- psí sliny dokáží částečně naleptat vrstvu kovu a vytvořit tak světlý flek na autoskle,
- někdy může zhoršit signál GSM,GPS i DVB-T uvnitř vozu, díky stínění.

Závěrem mluví většina parametrů pro aplikaci fólií oproti pokovení. Jejich výhoda spočívá ve snadné instalaci a údržbě, ochraně posádky a možnosti výběrů z velkého množství barev a stupňů zatmavení.

3.7 Montáž fólií

Montáž fólií je nutno přenechat certifikovaným odborným pracovníkům. Neodborná montáž by mohla způsobit částečné poškození fólie a to při přehnutím některé její části, nebo by mohlo dojít k ulpění velkého množství prachu na lepicí část, které by mělo za následek zhoršení estetických a funkčních parametrů. Každá firma, jež fólie vyrábí, má také svůj vlastní předpis zásad, které musí být při instalaci daných fólií dodrženy. [6]

Zásady pro aplikaci:

První zásadní pravidlo pro aplikaci říká, že se nesmí použít vnitřní fólie na venkovní aplikaci.

Nezbytné základní nářadí, které musí být při instalaci fólie použito: [6]

- nůž OLFA (nůž z nerezové oceli),
- stěrka na mytí oken (kovová s gumou v kovové liště),
- speciální trubková PVC vytlačovačka s gumovou lištou na protisluneční fólie nebo kovová s teflonovou lištou na bezpečnostní fólie,
- předepsaný montážní roztok (FILM - ON nebo X -100),
- jemný papír, který neuvolňuje vlákna,
- teflonová vytlačovačka na okraje fólie.

3.7.1 Montážní předpis firmy LLumar

Montážní předpis: nařezané či nastříhané kusy fólie určené pro instalaci musí být aplikovány tak, jak byly nařezány. Osy nařezaných kusů by měly zůstat stejně orientovány, protože kdyby došlo k jejich přetočení, mohl by být změněn vizuální dojem odstínu fólie.[6]

Aplikace: Základním úkonem je důkladné vyčištění skla. K namočení se používá montážní roztok FILM-ON nebo X-100 dle typu fólie. Okolí skla je nutno zakrýt, aby nedošlo ke kontaktu s roztokem. Sklo i rámy důkladně vyčistíme papírem, jenž neuvolňuje vlákna. Dále se přistoupí k očištění okna žiletkovou škrabkou a setření pomocí gumové stěrky. [6]

Připraví se fólie a okno se lehce navlhčí, přičemž by nemělo dojít k namočení těsnění hlavně v horní části. Pomalu se odstraní část ochranné fólie za současného postřikování lepicí vrstvy a fólie by měla být neustále napjatá, aby nedošlo k jejímu pokrčení. Opětovně se postříká sklo a fólie se přiloží lepicí vrstvou na navlhčené sklo. Podle potřeby by se měla fólie malými korekcemi na skle vyrovnat. Vytlačovačkou se začne vytlačovat montážní roztok. Pohyby vytlačovačkou by měly být ve tvaru T se začátkem ve horním středu fólie. Tento pohyb se provádí až do vytlačení veškerého montážního roztoku z celé plochy. Ostrým nožem se fólie nejlépe podle pravítka zařízne, přičemž by měl být nůž stále dostatečně ostrý, jinak by mohlo dojít k natržení fólie. Pak se přistoupí k dodatečnému vytlačení zbytků montážního roztoku na okrajích fólie, které se provádí teflonovou vytlačovačkou obalenou jemným papírem, který neuvolňuje vlákna. Použitým papírem dojde k vysušení krajů fólie. [6]

Pro bezpečnostní fólie je postup téměř totožný, musíme ale při vytlačování montážního roztoku vyvinout větší tlak. Zvýšení tlaku na nástroj je nutné kvůli větší tloušťce bezpečnostní fólie. Po vytlačení je nutno zkontrolovat, zda nejsou pod fólií bubliny, či se nějaké netvoří a případně proces vytlačování opakovat. Fólie tlustší než 175 mikronů je vhodnější nařezat předem a dodatečně ji pak podle okrajů skla dořezat. [6]

Protisluneční fólie nesmí být aplikovány na drátoskla, plexiskla, plasty a polykarbonáty.

3.7.2 Požadavky na kvalitu instalace

Při instalaci okenní fólie na sklo, nelze očekávat stejnou úroveň vizuální kvality, jakou mají továrně vyráběná skla obdobných vlastností. Vždy budou více či méně pozorovatelné, případně měřitelné, vlivy reálného prostředí, konečných rozměrů a optických vlastností fólie na instalaci, a to zejména v podobě výskytu prachových částic a zbytkové vlhkosti pod fólií, napojování a oříznutí fólie podle rámu. [6]

Hotová instalace musí splňovat, nebo převyšovat následující podmínky: [6]

- mezery u okrajů musí být 1 až 3 mm, lépe 1 až 1,5 mm, a to vyjma oblastí, kde jsou kraje rámců nerovné,
- jsou-li kraje rámců nerovné, např. v podobě nerovných kytů a gum, jsou akceptovatelné mezery až 5 mm,
- mezi dvěma kusy napojené fólie musí být mezera 1 až 1,5 mm,
- mezi sklem a fólií nesmí být vzduchové bubliny,
- mezi sklem a fólií nesmí být vodní bubliny, max. 1 až 2 malé bubliny na m² bezprostředně po instalaci,
- na fólii nesmí být patrné zmačkání, trhliny, či rozlepování vrstev fólie.

3.7.3 Údržba fólií

Se skly s instalovanými fóliemi by nemělo být 6 až 8 týdnů manipulováno. Jedná se zejména o mytí a máčení z vnitřní strany, kde je instalována fólie. Fólii je po tuto dobu nutno chránit před vlhkem, protože minimálně po dobu 3 až 5 dnů, ale zpravidla podstatně déle v závislosti na teplotě a vlhkosti vzduchu, vytvrzuje vrstva dispersního lepu. U protislunečních fólií se „suchým lepem“ (typ CDF) trvá vytvrzení lepu i několik měsíců. [6]

V této době je nepřípustné jakékoliv jednání směřující k odloupení fólie.

V případě, že je instalace prováděna v zimních měsících, měl by být vůz parkován po určitou dobu v prostorách s dostatečnou teplotou k tomu, aby nedošlo ke zmrznutí neodpařené vlhkosti pod fólií. [6]

Po uplynutí 6 týdnů lze fólii umývat doporučeným postupem, tj.: hrubé nečistoty po řádném zvlhčení stáhnout gumovou stěrkou, k čištění a leštění používat měkkých papírových ubrousků, a tím se vyvarovat poškrábání fólie částicemi ulpívajícího prachu. Nepoužívat čisticí prostředky, které obsahují abrazivní látky. Nepoužívat organická rozpouštědla. Při čištění nelze používat ostré předměty. Na instalovanou fólii se nedoporučuje lepit samolepky a vystavovat ji působení chemických vlivů. [6]

4 NORMY A ZKOUŠENÍ

4.1 ČSN EN 12600

Tato norma zahrnuje metody zkoušení nárazem kyvadla a klasifikace pro ploché sklo. Podrobná klasifikace skel podle nárazu měkkým materiálem. Při této zkoušce se využívá závaží, na kterém jsou upevněné 2 gumové pneumatiky. Které dopadnou na sklo z určité výšky. Zkouška podle této normy se provádí na čtyřech vzorcích o rozměrech 876x1938 mm a podle tohoto postupu může být zkoušen jakýkoli druh skla. [9]

Jedná se o normu, která testuje skla dále pomocí kyvadlové zkoušky. Zde je simulován náraz lidského těla do tabule vrstveného skla. [9]

4.2 ČSN EN 356

Tato norma zahrnuje zkoušení a klasifikace odolnosti proti ručně vedenému útoku" stanovuje zkušební metody, které mají být použity ke klasifikaci skel z hlediska jejich odolnosti vůči vloupání. Existuje osm tříd zvýšené odolnosti; prvních pět tříd značených P1A až P5A jsou založeny na zkoušce s padající kovovou kuličkou o hmotnosti 4,11 kg, další tři třídy označené P6B na P8B jsou založeny na průrazu sekerou. [10]

Zkouška je založena na pádu ocelové koule o hmotnosti 4,11 kg na zkušební sklo měřící 1100 mm x 900 mm, který je při zkoušce umístěn horizontálně. Údery jsou vedeny do vrcholů rovnostranného trojúhelníka na ploše v centru skla (13 cm mezi dopady). Počet průrazů a výška se liší v závislosti na třídě. [10]

5 SYSTEMIZACE

Všechny použité skla automobilu slouží jako mechanický zábranný prostředek pláštěvé ochrany vozu. Skla automobilu mohou být vrstvená na čelních sklech nebo tvrzená na všech ostatních sklech. Pasivní bezpečnostní prvek pro ochranu těchto skleněných ploch může být bezpečnostní fólie aplikovaná z vnitřní strany vozu. Při doplnění tohoto skla o dané fólie docílíme určitého zvýšení mechanické odolnosti proti rozbití z vnější části skla automobilu (více v praktické části). Fólie lze aplikovat výhradně na skla boční a zadní, nikoliv na okno čelní. Přední výhledové okno je z hlediska bezpečností pasažéru již vybaveno bezpečnostní fólií, jež zabraňuje při jeho rozbití vysypání střepů dovnitř interiéru a na pasažéry vozidla.

5.1 Vniknutí do automobilu

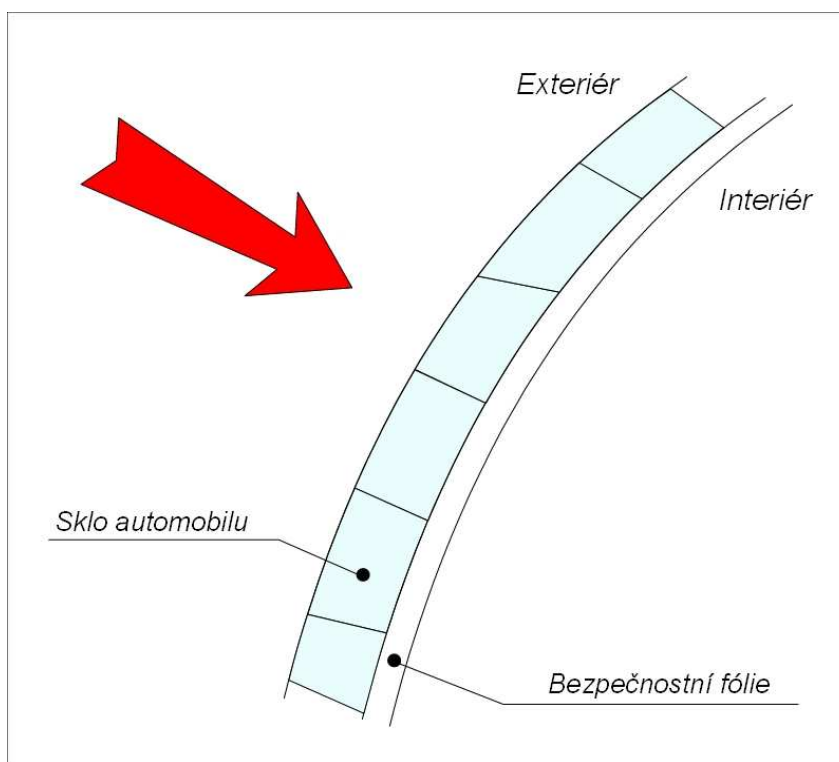
Vniknutí do automobilu rozbitím některé ze skleněných ploch je nejrychlejší a nejsnazší cestou, pro jeho vyloupení, za předpokladu, že majitel neopomněl dané vozidlo zamknout. Pachatel má do vozidla bez aplikovaných fólií téměř neomezený průhled a může tedy během několika vteřin zjistit, zda se v automobilu nenacházejí cennosti, které majitel ve vozidle zanechal. Za předpokladu, že pachatel má již připravený nástroj k rozbití okna a už jen hledá vhodný automobil s cennostmi a vytipuje si jej, tak celý proces vyloupení zahrnující rozbití okna a odcizení dané věci z automobilu trvá pouze v řádu sekund. Zpravidla se jedná o čas do deseti sekund.

S aplikovanou fólií, ať už bezpečnostní či protisluneční se riziko vyloupení automobilu snižuje.

Protisluneční fólie snižuje průhlednost skla z vnější strany a dle druhu může průhledu do vozidla i zcela zabránit. Úplné zabránění průhledu do vozidla lze docílit použitím fólií, které jsou úplně neprůhledné z vnější i vnitřní strany. Aplikace neprůhledných fólií je vhodná například na zadní dveře dodávkových automobilů. Velmi vysoké zabránění průhledu do vozidla docílíme použitím metalizovaných reflexních fólií, které se z vnější strany automobilu chovají téměř jako zrcadlo a z vnitřní strany jsou průhledné s kouřovým zabarvením. Klasické protisluneční fólie jsou také mírně podporují reflexi skla a dle stupně zatmavení snižují průhled do automobilu.

Bezpečnostní fólie jsou většinou čiré, bez zabarvení, ale existuje i varianta mírně kouřová. Zvýšení mechanické pevnosti je závislé na použité tloušťce bezpečnostní fólie. Tato fólie má za následek zvýšení mechanické pevnosti daného skla proti průrazu. Rozbití skla a vykradení automobilu se tedy posouvá do hranice desítek sekund. Použitý předmět pro rozbití skla automobilu se od skla odráží, případně způsobí jeho prasknutí, ale nedojde k vysypání skla z okenního rámu dveří. Pachatel musí překonat i tuto bariéru, aby mohl danou věc odcizit.

Při rozbití skleněné plochy s nalepenou fólií zůstávají de facto všechny skleněné stěpy na fólii a drží v rámu dveří. Působením z vnější strany dochází k mírnému lokálnímu, později k téměř celkovému prohýbání rozbité skleněné plochy včetně fólie. Při tlaku z vnější strany dochází k uzavírání stěpů skla do sebe a tím pádem není téměř možné fólii proříznout. Fólie se nachází na vnitřní straně plochy autoskla a při pokusu o proříznutí dané úlomky skla svírají nůž nebo jiný nástroj, jenž chtěl pachatel k proříznutí či protržení fólie použít. V případě, že pachatel opětovně udeřil nástrojem, který použil na rozbití skla, do skla již prasknutého mohlo dojít k odtržení úlomků skla od fólie. Na základě odpadnutí těchto úlomků a jiných stěpů dochází k oslabení fólie a v místě, kde je odhalena čistá fólie je již možno její proříznutí.



Obrázek 6 Vnější působení na autosklo

5.1.1 Vniknutí do automobilu vybaveného alarmem

Vozidlo, u něž byl instalován autoalarm včetně otřesového čidla, ale nebyly u něj aplikovány fólie, ztrácí toto zabezpečení smysl. Při pokusu o odcizení cenností z vozidla autoalarm sice zareaguje bezprostředně po rozbití skleněné plochy, ale do několika vteřin prchá pachatel i s kořistí.

Vozidlo, které je vybaveno autoalarmem, a jsou na něm nainstalovány bezpečnostní fólie již smysl má. Při pokusu o vyloupení automobilu pachatel udeří do skleněné plochy, která se ovšem nerozbije. Autoalarm je bezprostředně po úderu aktivován. Pokud tedy chce být pachatel úspěšný, musí za aktivovaného alarmu docílit rozbití skla a následné protržení fólie, aby mohl danou cennost odcizit. [5]

5.2 Prevence proti vykradení

Prevenčí proti vykradení automobilu není jen instalace bezpečnostních či protislunečních fólií a alarmu, ale v první řadě si musíme uvědomit, proč by mohl být právě náš vůz vykraden. Tyto vloupání jsou prováděny za účelem odcizení cennosti, kterou jsme v automobilu zapomněli, nebo nechali. Proto bychom v automobilu neměli nechávat žádné cennosti, nebo je alespoň umístit tak, aby nebyly v automobilu viditelně zanechány, viz:

Organizační možnosti:

- parkování v garáži, na hlídaném parkovišti, poblíž domu, na osvětleném místě tak, abyste případně na vozidlo viděli
- uzamykání vozidla, zavírání oken, dveří a kufro
- nenechávejte klíčky od vozidla či jiné důležité doklady ve vozidle
- při instalaci autorádia dejte přednost přenosným nebo využijte možností kódovaných či jinak zabezpečených výrobků
- nenechávejte ve vozidle viditelně cenné věci
- zamkněte vždy řádně všechny zámky vozidla
- pečlivě se starejte o klíče od auta (zvláště dejte pozor na manipulaci s klíči v autoopravnách a myčkách)

5.3 Možnosti napadení automobilu skrze sklo

Automobilové sklo je dle mého názoru nejsnáze překonatelná překážka pro vykradení vozidla.

5.3.1 Prostředky pro napadení

Dá se říci, že k rozbití skleněné plochy je možno použít téměř jakýkoli nástroj, který má pachatel po ruce a nástroj dosahuje dostatečné tvrdosti.

Výčet: ocelový hrot, ocelový šroubovák, záchranné (nouzové) kladívko, kladivo, cihla, kámen, dlažební kostka, kus betonu, motocyklová přilba, keramika automobilové zapalovací svíčky, basebalová pálka, kus dřeva a mnoho dalších.

Ke snížení hluku při rozbití skleněné výplně se dá použít med, kterým se sklo natře po celé ploše a při rozbití vrstva medu tlumí šíření tříštivého zvuku skla.

5.3.2 Místa napadení

Obecně by se dalo říci, že se jedná o oblasti, ve kterých je minimální, nebo žádný pohyb osob, ale opak může být pravdou.

Výčet: nehlídané parkoviště, lesní cesty, oblasti poblíž vzdálených chat, křižovatky, mýtné brány a další.

5.3.3 Důvody napadení

Každoročně dochází k odcizení automobilů a krádeží věcí z nich několika desítkách tisíc případů. Pachatelé této činnosti mohou mít několik důvodů k těmto činům, například:

- Vandalismus – bezdůvodné ničení automobilů, nebo jeho součástí například při hromadných pochodech, demonstracích,
- Odcizení automobilu
- Krádež věcí z automobilu

5.4 Statistika vykradení automobilů

Díky veřejnosti dostupným statistikám vedených Policií České republiky je možno vysledovat množství informací týkajících se kriminality u nás. Jedním ze sledovaných

faktorů kriminality u nás za dané období je Krádež věcí z osobního automobilu spadající do kategorie krádeží prostých. Sledovaným obdobím byly léta do roku 2005 do roku 2009 pro vybrané kraje a celou Českou republiku.

Z následujících tabulek a grafů vyplývá, že se počty krádeží věcí z automobilů mírně snižují, ale celková škoda na vykradených automobilech je každoročně téměř neměnná. V naší republice tedy dojde k vykradení přibližně padesáti tisíc automobilu ročně, přičemž celková škoda se pohybuje kolem 1,2 miliardy Korun českých. Průměrná celková škoda na automobilu, příslušenství a odcizené věci činí přibližně 25000Kč. Statistiky Policie bohužel neuvádějí, jakým způsobem byla krádež provedena.

5.4.1 Zlínský kraj

| Období | spácháno | Objasněno | Stíháno | Celková škoda [tKč] | Průměrná škoda na automobilu [Kč] |
|--------|----------|-----------|---------|---------------------|-----------------------------------|
| 2005 | 794 | 61 | 52 | 12309 | 15503 |
| 2006 | 762 | 79 | 55 | 11641 | 15277 |
| 2007 | 737 | 79 | 40 | 11320 | 15360 |
| 2008 | 732 | 67 | 49 | 12763 | 17436 |
| 2009 | 626 | 43 | 33 | 13145 | 20998 |

Tabulka 3 Statistika krádeží 2005-2009 pro Zlínský kraj

Zlínský kraj je se řadí mezi kraje s nejmenším počtem vykradených automobilů z celkového množství automobilů v kraji. Četnost těchto krádeží se každým rokem zmenšuje. I přes snižující se četnost krádeží věcí z automobilů se celková škoda na majetku připadající na jednu krádež zvyšuje.

5.4.2 Jihomoravský kraj

| Období | spácháno | Objasněno | Stíháno | Celková škoda [tKč] | Průměrná škoda na automobilu [Kč] |
|--------|----------|-----------|---------|---------------------|-----------------------------------|
| 2005 | 5011 | 610 | 190 | 129395 | 25822 |
| 2006 | 4515 | 392 | 163 | 106519 | 23592 |
| 2007 | 4840 | 290 | 143 | 131536 | 27177 |
| 2008 | 4768 | 435 | 165 | 101836 | 21358 |
| 2009 | 3682 | 297 | 138 | 84871 | 23050 |

Tabulka 4 Statistika krádeží 2005-2009 pro Jihomoravský kraj

Jihomoravský kraje se řadí mezi kraje s největším počtem vykradených automobilů z celkového množství automobilů v kraji. Počet krádeží věcí má houpatý charakter, v posledních sledovaných letech dochází ke snižování. Celková škoda připadající na jednu krádež má taktéž houpatý charakter.

5.4.3 Hlavní město Praha

| Období | Spácháno | Objasněno | Stíháno | Celková škoda [tKč] | Průměrná škoda na automobilu [Kč] |
|--------|----------|-----------|---------|---------------------|-----------------------------------|
| 2005 | 22803 | 877 | 675 | 679491 | 29798 |
| 2006 | 20862 | 811 | 575 | 616065 | 29530 |
| 2007 | 20685 | 543 | 480 | 606741 | 29332 |
| 2008 | 19088 | 488 | 471 | 584185 | 30605 |
| 2009 | 18500 | 631 | 466 | 548774 | 29663 |

Tabulka 5 Statistika krádeží 2005-2009 pro Hlavní město Praha

Hlavní město Praha je v České republice nejrizikovějším místem, kde dochází nejčastěji ke krádežím věcí z automobilů. Za sledované období má tato statistika klesající charakter, přičemž újma na majetku vztážená k jedné krádeži je téměř konstantní.

5.4.4 Celková statistika

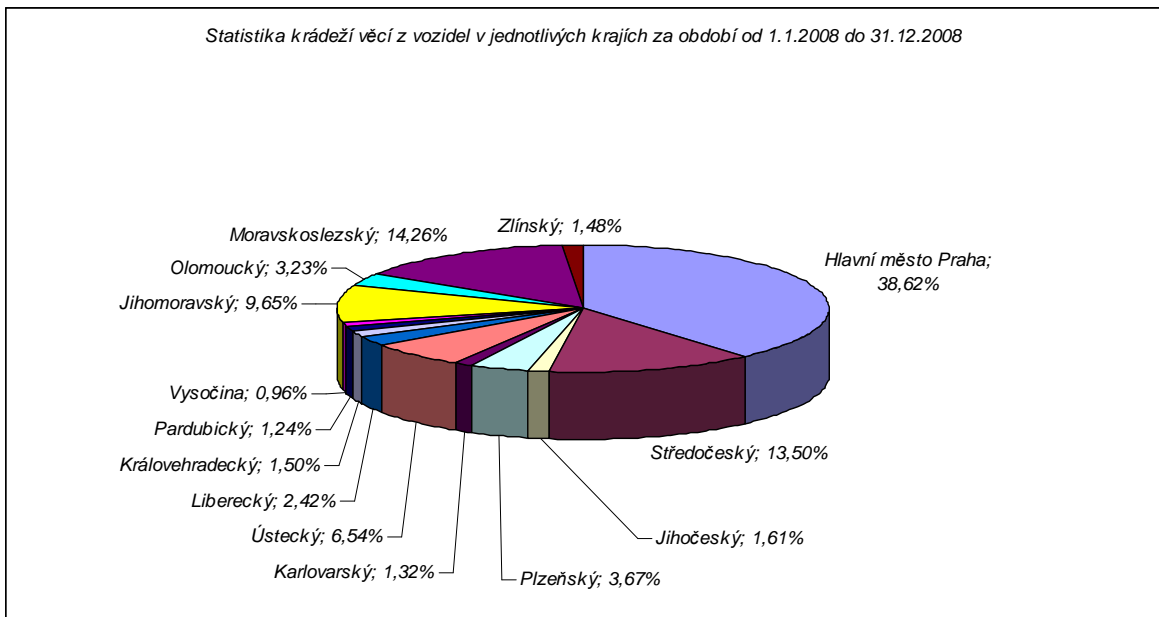
| Období | Spácháno | Objasněno | Stíháno | Celková škoda [tKč] | Průměrná škoda na automobilu [Kč] |
|--------|----------|-----------|---------|---------------------|-----------------------------------|
| 2005 | 51624 | 4823 | 2399 | 1285475 | 24901 |
| 2006 | 48474 | 4338 | 2116 | 1153085 | 23788 |
| 2007 | 51516 | 3866 | 1908 | 1219775 | 23678 |
| 2008 | 49430 | 3478 | 1872 | 1294117 | 26181 |
| 2009 | 46613 | 3525 | 1877 | 1149119 | 24652 |

Tabulka 6 Statistika krádeží 2005-2009 pro celou Českou republiku

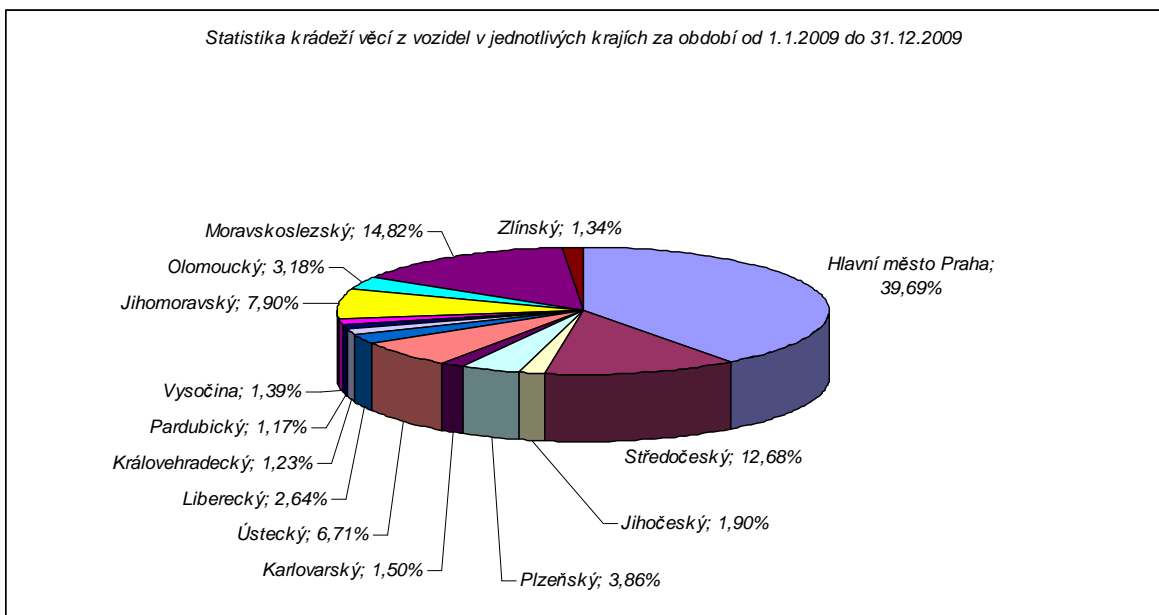
Statistika nám ukazuje, že celkový počet vloupání do automobilu má v dřívějších letech houpavý charakter, ale za období posledních tří let se tento počet zmenšuje. Objasněnost krádeží činí v průměru pouze 8% z celkového počtu. Zajištění způsobených škod Policií ČR nedosahuje ani 0,2% z celkové průměrné škody na automobilu, příslušenství a majetku.

5.5 Porovnání počtu krádeží věcí z automobilů v ČR v letech 2008 a 2009

Statistika počtu krádeží věcí z automobilů je každoročně téměř stejná pro jednotlivé kraje, jak je patrné z níže uvedených grafů. Srovnávány byly pouze roky 2008 a 2009.



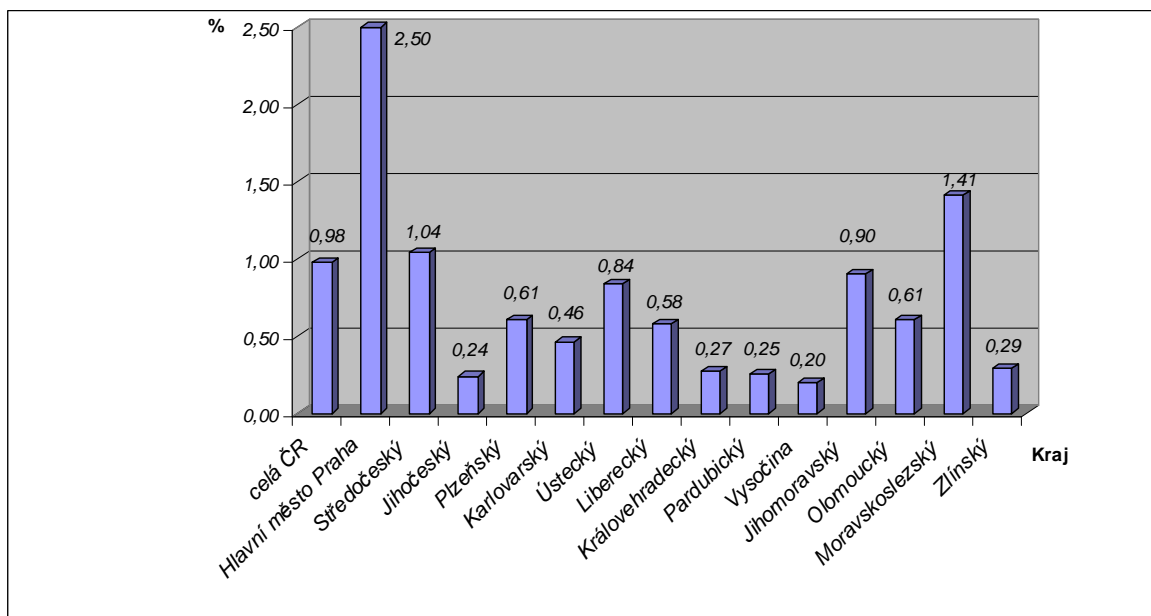
Graf 1 Statistika krádeží věcí z vozidel v roce 2008



Graf 2 Statistika krádeží věcí z vozidel v roce 2009

5.5.1 Hodnota rizika vykradení automobilu

Hodnota rizika vykradení automobilu v závislosti na počtu registrovaných vozidel v kraji (mimo motocyklů a návěsů) a počtu krádeží věcí z vozidel v jednotlivých krajích České republiky.



Graf 3 Riziko krádeže v jednotlivých krajích

5.6 Chování autoskla při nehodě

Automobilové sklo se při nehodě deformuje a prohýbá, a pokud dojde k překročení meze pevnosti dochází k tříštění skla na velké množství neostrých úlomků. Pokud je automobil vybaven bezpečnostními fóliemi dochází k prasknutí skla po celé jeho ploše. Skleněné střeby však zůstávají z velké části přilepeny na fólii a snižují tak ohrožení pasažérů.

Nejběžnějším typem dopravní nehody, kdy dojde k rozbití bočních oken je boční náraz do automobilu, nebo při nebezpečném předjíždění protijedoucího automobilu.

5.6.1 Boční náraz

K bočnímu nárazu může dojít například na křižovatce. Při této nehodě dojde v první fázi k deformaci vnější části dveří. Ve fázi druhé se sklo bez aplikované fólie spolu s dveřmi prohýbá a po překročení již zmiňované meze pevnosti dochází k tříštění skla, přičemž většina střeby letí směrem do interiéru a ohrožuje posádku uvnitř vozu. Většina těchto střeby by měla být neostrá, ale i přesto by mohla způsobit vážné poranění očí. Sklo

s aplikovanou fólií praskne, ale téměř veškeré rozbité sklo zůstane na fólii a neohrožuje posádku. V poslední fázi může podle velikosti nárazu dojít až k deformaci karoserie.

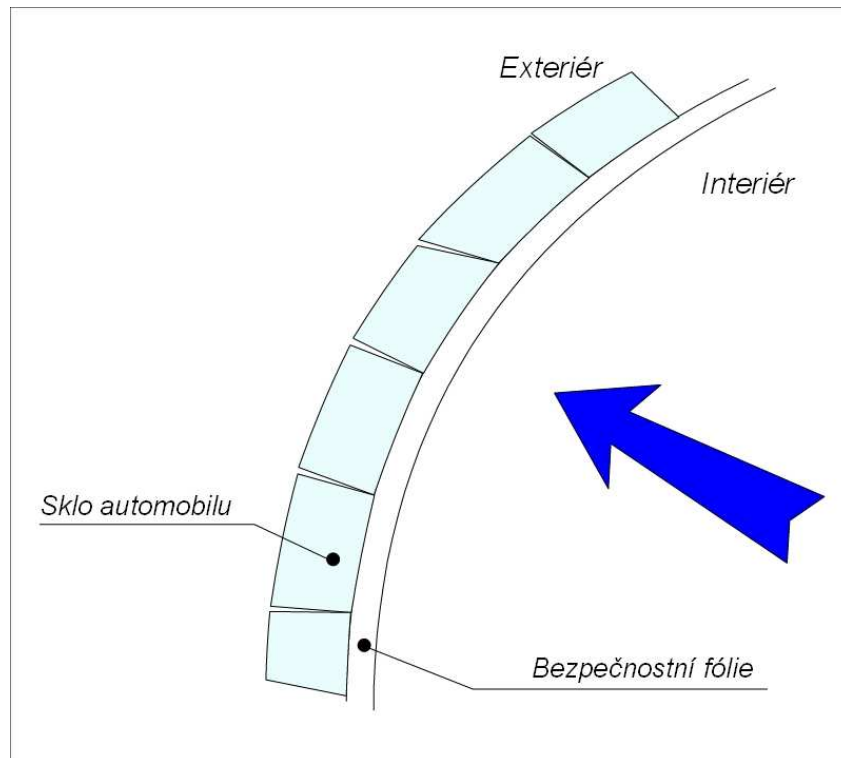
5.6.2 Nebezpečné předjíždění

Při nebezpečném předjíždění může dojít ke střetu protijedoucích vozidel bočními zrcátky. Kvůli bezpečnosti chodců jsou zrcátka ke dveřím či karoserii vozu připevněna pružným nebo kloubovým úchytem, jenž při nárazu dovoluje jejich sklopení do požadovaného směru. Při střetu protijedoucích automobilů zrcátka může dojít až k nárazu zrcátka do bočního skla, přičemž dojde k rozbití bočního skla automobilu a vysypání střepů dovnitř i na pasažéry vozidla, což může vést k další nehodě.

5.7 Únik z automobilu vybaveného fóliemi

Jednoduché opuštění vozidla po nehodě skrze skleněné výplně se může zdát s aplikovanými fóliemi téměř nemožné, ale opak je pravdou. V případě, že po nehodě nejdou otevřít žádné dveře a prostor automobilu je nutné opustit pouze přes okenní výplň, musí se přistoupit k rozbití okna. Pokud k prasknutí skla ještě nedošlo, mělo by být k jeho rozbití použito například záchranné (nouzové) kladívko. V případě že je sklo již prasklé, stačí na něj nejlépe v jeho středu vyvinout tlak a tím dojde k vytlačení skla a fólie z dveřního rámu. Tento úkon není obtížně proveditelný tak jako pokus o proniknutí do vozidla z vnější strany a to z toho důvodu, že nepůsobíme proti dané fólii a prohnutí skla, ale ze strany, na níž je fólie nalepena.

Jak již bylo zmíněno opuštění vozidla překonáním bezpečnostní či protisluneční fólie z vnitřní strany automobilu je poměrně snadné. Důležité je mít v automobilu nástroj, kterým můžeme nejnáze docílit rozbití/prasknutí skla. Nejlepším příručním nástrojem pro rozbití skla je cenově dostupné záchranné (nouzové) kladívko. Jedním prudkým úderem do plochy autoskla docílíme jeho rozbití/prasknutí. Pak už stačí jen vyvinout tlak, například úderem ramenem a dojde k vytlačení skla z dveřního rámu. Tento úkon je snadno proveditelný z toho důvodu, že působíme ze strany fólie a střepy jenž zůstaly na fólii se mohou snadno v rámci prasklin rozevřít, (viz Obrázek 7).



Obrázek 7 Vnitřní působení na autosklo

Díky působení tlakem z interiéru nemusíme překovávat pevnost fólie a nemusíme také překonávat sílu způsobenou uzavíráním střepeů do sebe jako u vnějšího působení proti fólii. Jednoduše dojde k „rozevření“ svrasklých střepeů na fólii a jednoduchému vytlačení celého skla s fólií mimo automobil pro možnost úniku z něj.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PROSTŘEDKY PRO TESTOVÁNÍ

Stručný přehled prostředků použitých k testování a testovaných materiálů.

6.1 Olympus i-SPEED 2

Vysokorychlostní kamera Olympus byla k testování použita pro snímání tříštění a šíření praskliny v automobilovém skle. Při vysokém snímání tato kamera zachytává obraz pouze v černobíle kvalitě. Při všech pokusech byla rychlost snímání kamery nastavena na 5000 fps a rozlišení bylo 320×240 px. [2]

Parametry: [2]

- Rozlišení kamery 800×600 px při 1000 fps
- Snímací chip CMOS
- Rychlost snímání max. 33 000 fps

6.2 MITUTOYO

Výškoměr byl použit pro přesné změření tloušťky automobilových skel a použitých fólií. K zařízení výškoměru bylo připojeno výstupní tiskové zařízení stejnojmenné firmy s modelovým označením DP-1VR. Pro každé sklo i fólii bylo provedeno 30 měření tloušťky.

Parametry:

- Měřicí rozsah 0-36 mm
- Rozlišitelnost měření 0,0005 mm
- Největší dovolená chyba $\pm 0,0015$ mm při 20 °C

6.3 Kyvadlo

Pro konstrukci kyvadla bylo využito zvedací zařízení, které je určeno ke zvedání motorů automobilů. Díky hydraulice zvedáku a výsuvného ramene bylo možné pohodlně nastavit požadovanou výšku kyvadla. Zvedák byl vždy uchycen ke kolu automobilu za pomoci stahováku s ocelovým lanem kvůli zamezení jeho pohybu. Závěs koule kyvadla byl vyroben z ocelového řetězu.

Parametry:

- hmotnost koule 5,1 kg
- délka závěsu 128 cm

7 TESTOVANÉ MATERIÁLY

K testování byly použity výhradně boční automobilová skla různých výrobců a fólie firmy LLumar.

7.1 Skla Thorax

Všechny skla byly použity z automobilu Škody Favorit, vyrobeného v roce 1991. Sklo vyrobené firmou Thorax bylo čiré, průhledné, bez probarvení. Za léta používání na sobě neslo četné škrábance bez stop po úderu či oprýsknutí kamenem.

7.1.1 Boční zadní sklo

Jednalo se o velké boční zadní sklo. Toto sklo bylo použito pro první pádovou zkoušku, bez jakékoli aplikace fólie.

| měření č. | tloušťka [mm] | měření č. | tloušťka [mm] |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 1 | 3,8860 | 16 | 3,8875 |
| 2 | 3,8795 | 17 | 3,8800 |
| 3 | 3,8800 | 18 | 3,8800 |
| 4 | 3,8890 | 19 | 3,8810 |
| 5 | 3,8870 | 20 | 3,8795 |
| 6 | 3,8920 | 21 | 3,8790 |
| 7 | 3,8800 | 22 | 3,8810 |
| 8 | 3,8855 | 23 | 3,8825 |
| 9 | 3,8875 | 24 | 3,8855 |
| 10 | 3,8880 | 25 | 3,8870 |
| 11 | 3,8850 | 26 | 3,8865 |
| 12 | 3,8900 | 27 | 3,8890 |
| 13 | 3,8840 | 28 | 3,8855 |
| 14 | 3,8835 | 29 | 3,8885 |
| 15 | 3,8875 | 30 | 3,8850 |

Tabulka 7 Hodnoty tloušťky skla Thorax

Výsledná tloušťka autoskla Thorax: $3,885 \pm 0,001\text{mm}$

7.1.2 Boční zadní trojúhelníkové sklo

Zadní malá trojúhelníková okna byla použita pro zkoušku ohybem z důvodu omezení velikosti skla pro upnutí do testovacího zařízení. Hodnoty tloušťky tohoto skla se shodují s naměřenými hodnotami pro velké boční sklo (viz. 7.1.1).

7.2 Skla Sekurit

Všechna skla byla již výroby zatmavená pomocí probarvení do zelena. Velká skla z vozu Ford byla rozdílné tloušťky oproti sklům z Alfy Romeo.

7.2.1 Boční přední sklo

Toto sklo bylo použito pro zkoušku v praxi přímo na automobilu Ford Mondeo kombi z roku 1993. Dané sklo bylo testováno bez použití fólie.

| měření č. | tloušťka [mm] | měření č. | tloušťka [mm] |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 1 | 3,2500 | 16 | 3,3000 |
| 2 | 3,2875 | 17 | 3,2800 |
| 3 | 3,3035 | 18 | 3,3055 |
| 4 | 3,2795 | 19 | 3,2085 |
| 5 | 3,2002 | 20 | 3,2060 |
| 6 | 3,2090 | 21 | 3,2150 |
| 7 | 3,2095 | 22 | 3,1925 |
| 8 | 3,2105 | 23 | 3,1895 |
| 9 | 3,2460 | 24 | 3,1955 |
| 10 | 3,3085 | 25 | 3,2485 |
| 11 | 3,2860 | 26 | 3,2270 |
| 12 | 3,2110 | 27 | 3,1910 |
| 13 | 3,2050 | 28 | 3,2565 |
| 14 | 3,2835 | 29 | 3,1855 |
| 15 | 3,2020 | 30 | 3,2365 |

Tabulka 8 Hodnoty tloušťky skla Sekurit

Výsledná tloušťka autoskla Sekurit: $3,238 \pm 0,008\text{mm}$

7.2.2 Boční zadní sklo

Tato okna byla taktéž, jako okna (viz. 7.2.1) použita pro praktickou zkoušku v terénu na automobilu Ford. Rovněž naměřené hodnoty tloušťky se pro všechna skla shodují s naměřenými hodnotami (viz. 7.2.1). Pravé zadní boční okno bylo testováno s bezpečnostní fólií a levé s aplikovanou protisluneční fólií.

7.2.3 Boční zadní trojúhelníkové sklo

Zadní trojúhelníkové sklo bylo použito z automobilu Alfa Romeo 33 pro zkoušku ohybem. Sklo mělo drobné povrchové škrábance, zatemnění bylo již z výroby do zelena. Tloušťka tohoto skla byla přibližně 4,02mm.

7.3 Protisluneční fólie

Pro testování byla vybrána protisluneční fólie firmy LLumar. Jednalo se o typ AT 15 GR SR HPR se stupněm zatmavení 15 %.

| měření č. | tloušťka [mm] | měření č. | tloušťka [mm] |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 1 | 0,0315 | 16 | 0,0280 |
| 2 | 0,0275 | 17 | 0,0320 |
| 3 | 0,0310 | 18 | 0,0325 |
| 4 | 0,0315 | 19 | 0,0325 |
| 5 | 0,0300 | 20 | 0,0280 |
| 6 | 0,0275 | 21 | 0,0310 |
| 7 | 0,0315 | 22 | 0,0330 |
| 8 | 0,0310 | 23 | 0,0325 |
| 9 | 0,0290 | 24 | 0,0325 |
| 10 | 0,0320 | 25 | 0,0315 |
| 11 | 0,0280 | 26 | 0,0325 |
| 12 | 0,0315 | 27 | 0,0310 |
| 13 | 0,0330 | 28 | 0,0325 |
| 14 | 0,0280 | 29 | 0,0315 |
| 15 | 0,0320 | 30 | 0,0325 |

Tabulka 9 Hodnoty tloušťky protisluneční fólie

Výsledná tloušťka protisluneční fólie: $0,031 \pm 0,001\text{mm}$

7.4 Bezpečnostní fólie

Pro všechny zkoušky byla použita bezpečnostní fólie firmy LLumar s nejmenší dostupnou tloušťkou. Jednalo se typ SCL SR PS 4, jejíž vlastnosti jsou uvedeny výše (viz. Obrázek 5).

| měření č. | tloušťka [mm] | měření č. | tloušťka [mm] |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 1 | 0,1005 | 16 | 0,1000 |
| 2 | 0,1005 | 17 | 0,1005 |
| 3 | 0,1005 | 18 | 0,1000 |
| 4 | 0,1005 | 19 | 0,1000 |
| 5 | 0,1010 | 20 | 0,1005 |
| 6 | 0,1005 | 21 | 0,1005 |
| 7 | 0,1005 | 22 | 0,1015 |
| 8 | 0,1015 | 23 | 0,1005 |
| 9 | 0,1005 | 24 | 0,1005 |
| 10 | 0,1010 | 25 | 0,1005 |
| 11 | 0,1010 | 26 | 0,1000 |
| 12 | 0,1010 | 27 | 0,1000 |
| 13 | 0,1005 | 28 | 0,1005 |
| 14 | 0,1000 | 29 | 0,1005 |
| 15 | 0,0995 | 30 | 0,1015 |

Tabulka 10 Hodnoty tloušťky bezpečnostní fólie

Výsledná tloušťka bezpečnostní fólie: $0,101 \pm 0,001 \text{ mm}$

8 PÁDOVÁ ZKOUŠKA V LABORATOŘI

K této zkoušce bylo použito vylepšené crashovací zařízení. Na automobilovém skle byla narýsována čtvercová síť o velikosti čtverce 20x20mm pro určení rychlosti šíření trhliny ve skle. Pro toto testování bylo použito automobilové sklo ze Škody Favorit (viz. 7.1.1). Hmotnost kladiva byla 2,5kg a výška volena individuálně.



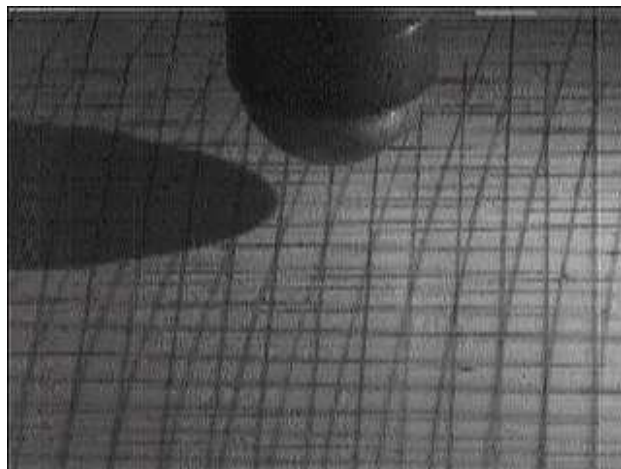
Obrázek 8 Pracoviště pro pádovou zkoušku

8.1 Pokus č.1

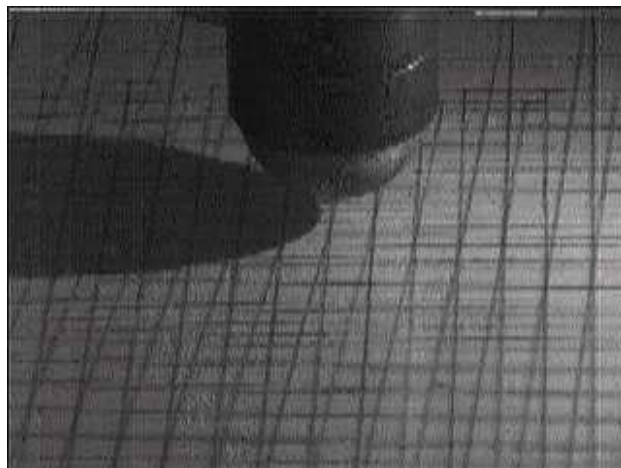
Při prvním pokusu bylo autosklo připevněno k dřevěné podložce za pomoci dřevěných destiček přišroubovaných vruty. Kladivo o hmotnosti 2,5 kg bylo puštěno z výšky 1,7 m skrze vodící trubku crashovacího zařízení. Dopad kladiva nebyl na požadovaný střed skla a při tomto pokusu nedošlo k roztříštění skla, ale pouze k jeho průhybu.

Rychlost dopadu kladiva:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,7} = 5,77 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



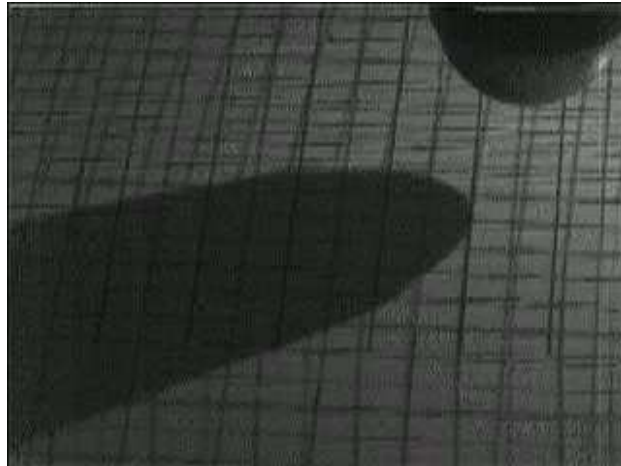
Obrázek 9 Snímek č. 36 – První dotyk kladiva



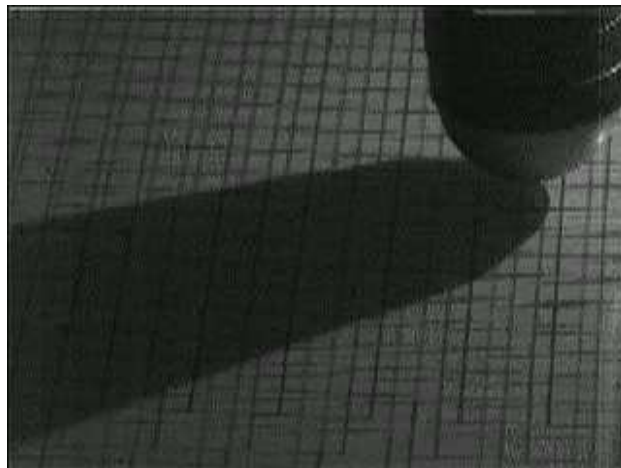
Obrázek 10 Snímek č. 58 – Maximální průhyb skla

8.2 Pokus č.2

Při druhém pokusu byly stejné podmínky testu jako při pokusu č.1 s tím rozdílem, že kladivo bylo pouštěno volným pádem mimo vodící trubku a to z důvodu přiblížení úderu kladiva ke středu zkoušeného skla.



Obrázek 11 Snímek č. 24 – První dotyk kladiva



Obrázek 12 Snímek č. 78 – Maximální průhyb skla

8.3 Pokus č.3

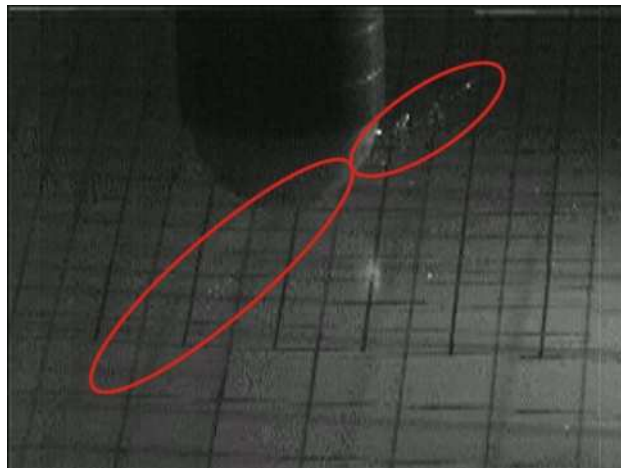
Při tomto pokusu bylo sklo uvolněno od dřevěné podložky. Tento úkon byl proveden z důvodu, že ve druhém pokusu došlo k dotyku podložky a skla a tím pádem nebyl vytvořen dostatečný průhyb pro překonání meze pevnosti. Autosklo bylo tedy vypodloženo pryžovými podložkami o výšce 80mm a na podložky bylo volně položeno. Při tomto

pokusu došlo k roztržení skla. Šíření trhliny ve skle je možno pozorovat na obrázcích níže. Díky vypodložení skla došlo ke zkrácení dráhy volného pádu a tím i ke snížení dopadové rychlosti, která činí:

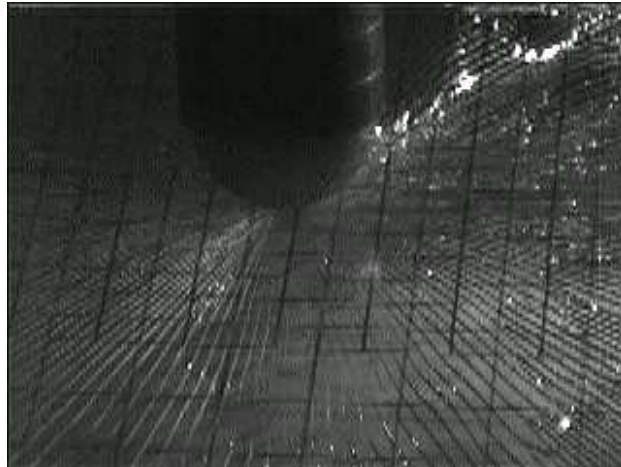
$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,62} = 5,64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Obrázek 13 Snímek č. 28 – První dotyk kladiva



Obrázek 14 Snímek č.29 – Počátek šíření praskliny

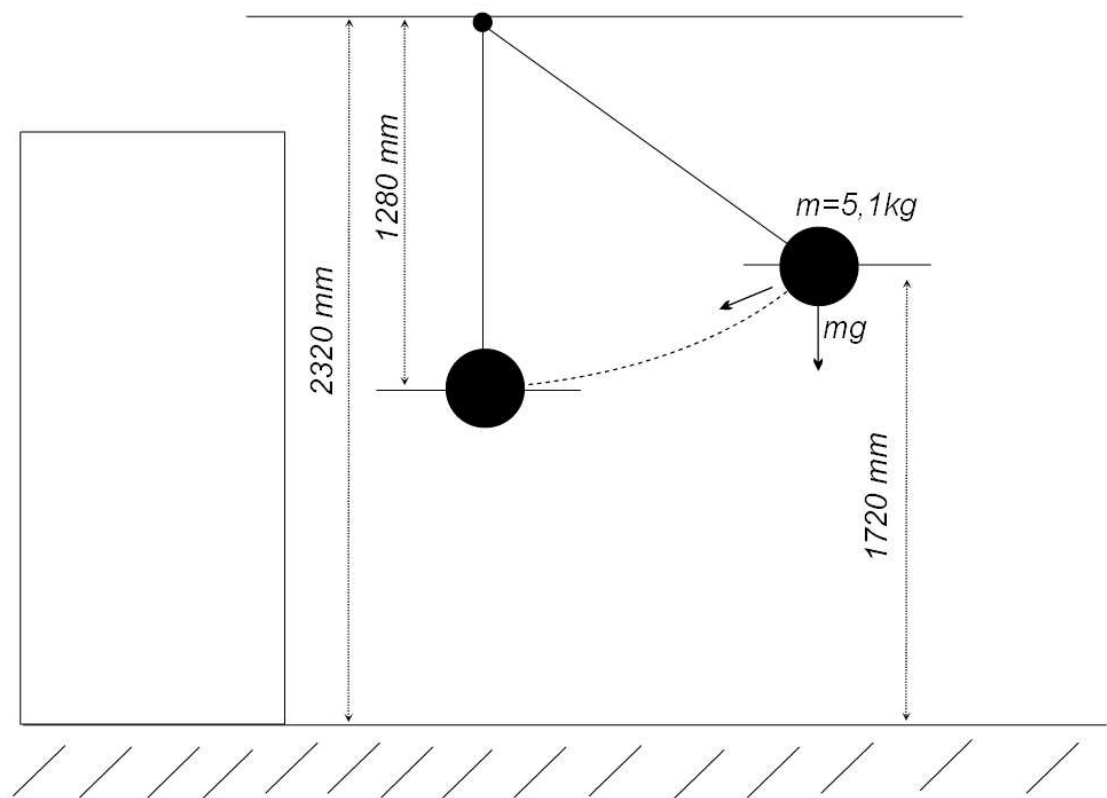


Obrázek 15 Snímek č. 30 – Prasknutá celá plochy skla

Jak je z výše vyobrazených snímků patrné, došlo k prasknutí celé plochy skla velmi rychle. Jeden snímek při snímací rychlosti kamery 5000 fps představuje pouhých 0,0002 sekundy. K prasknutí celé plochy skla tedy došlo během dvou snímků, což odpovídá času 0,4 milisekundy.

9 KYVADLOVÁ ZKOUŠKA V TERÉNU

Všechna testovaná skla z Fordu Mondeo mají totožnou flouštku uvedenou výše (viz. 7.2.1.). Všechna obě autoskla byla před lepením fólií z automobilu vytažena a důkladně připravena. Fólie byly při instalaci nalepeny až do kraje skleněné plochy a následně zaříznuty oproti standardu, kdy nedochází z demontáže skla a okraje fólie jsou zaříznuty přibližně 1,5 mm od okraje skla.



Obrázek 16 Nákres testovacího zařízení



Obrázek 17 Konstrukce testovacího kyvadla

9.1 Sklo bez fólie

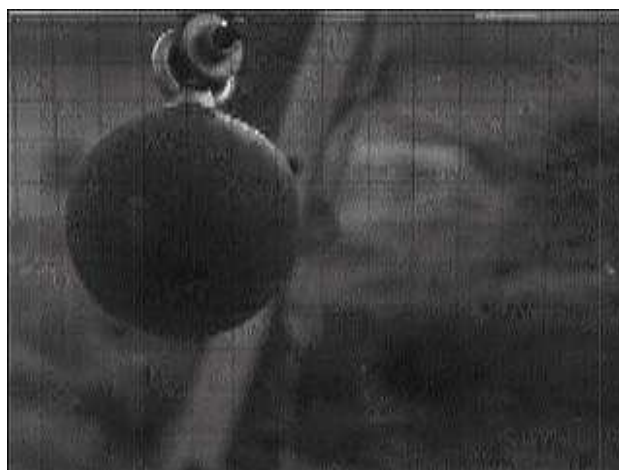
Prvním testovacím vzorkem bylo pravé přední boční sklo bez jakékoli fólie.

9.1.1 Pokus č. 1

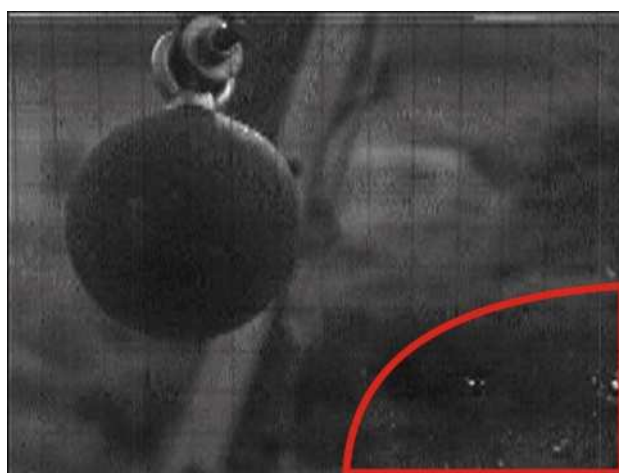
Po prvním dopadu kladiva kyvadla došlo k roztržení skla na mnoho neostrých úlomků, které se z velké vysypaly dovnitř interiéru, menší část pak zůstala vně automobilu. Z níže uvedených obrázku je patrné, že počátek šíření trhliny není v místě dopadu kladiva kyvadla, nýbrž tam, kde bylo povrch skla nejvíce oslaben dřívějším používáním.



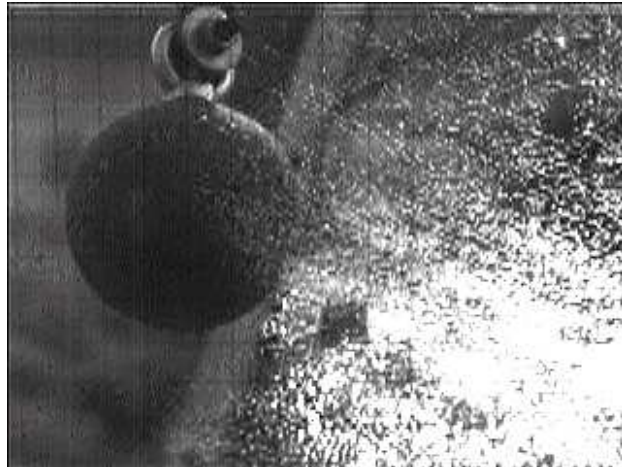
Obrázek 18 Roztříštěné sklo Sekurit



Obrázek 19 Snímek č. 6330 – První dotyk kyvadla



Obrázek 20 Snímek č. 6331 – Počátek šíření praskliny



Obrázek 21 Snímek č. 6332 – Další rozšiřování prasklin



Obrázek 22 Snímek č. 6333 – Prasknutá celá plocha skla

9.2 Sklo s bezpečnostní fólií

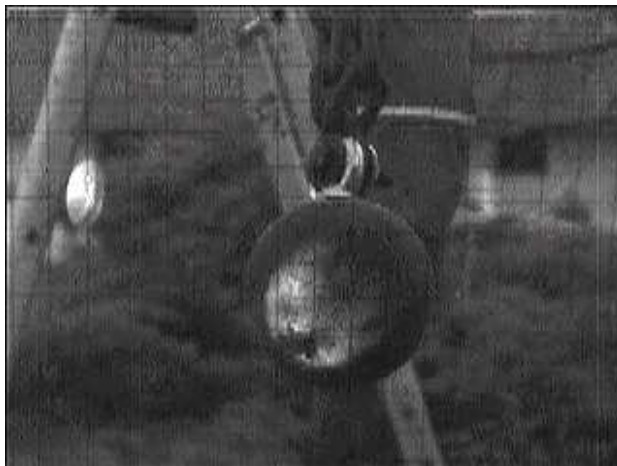
Testovaným vzorkem bylo pravé zadní boční sklo včetně bezpečnostní fólie LLumar. Sklo ustálo celkově 5 úderů kyvadlem, než došlo k jeho prasknutí. Po roztříštění zůstalo téměř všechno sklo na fólii a takto rozbité sklo stále tvořilo bariéru, která držela ve dveřním rámu. Byly provedeny ještě další tři úderů kyvadlem, přičemž u prvních dvou došlo k lokálnímu prohnutí skla včetně fólie přibližně o 15 mm ve tvaru ocelové koule kyvadla a u posledního úderu došlo k proražení prasklé plochy skla a protržení fólie.

9.2.1 Pokus č. 1

Při prvním dopadu se sklo mírně prohnulo, kladivo kyvadla se po skle sklouzlo a zanechalo na něm stopu přibližně 42 mm dlouhou, která byla vzdálena od středu skla přibližně 90 mm. Následně se kladivo od skla odrazilo a nedošlo k prasknutí skleněné plochy. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 26).

9.2.2 Pokus č. 2

Při druhém dopadu se sklo taktéž mírně prohnulo, kladivo kyvadla se po skle sklouzlo a zanechalo na něm stopu přibližně 40 mm dlouhou, která byla vzdálena od středu skla přibližně 30 mm. Následně se kladivo od skla odrazilo a nedošlo k prasknutí skleněné plochy. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 26).



Obrázek 23 Snímek č. 361 – První dotyk kyvadla



Obrázek 24 Snímek č. 412 – Maximální průhyb skla



Obrázek 25 Snímek č. 589 – Zanechaná stopa kyvadla



Obrázek 26 Stopy po 1. a 2. dopadu na autosklo s bezpečnostní fólií

9.2.3 Pokus č. 3

Při třetím dopadu se sklo taktéž mírně prohnulo, kladivo kyvadla se po skle sklouzlo a zanechalo na něm stopu přibližně 30 mm dlouhou, která byla vzdálena od středu skla přibližně 30 mm. Následně se kladivo od skla odrazilo a nedošlo k prasknutí skleněné plochy. Místo třetího dopadu je téměř stejné jako místo druhého dopadu, ale přibližně od 10 mm níž. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 30).

9.2.4 Pokus č. 4

Při čtvrtém dopadu se sklo taktéž mírně prohnulo, kladivo kyvadla se po skle sklouzlo a zanechalo na něm stopu přibližně 38 mm dlouhou, která byla vzdálena od středu skla přibližně 48 mm. Následně se kladivo od skla odrazilo a nedošlo k prasknutí skleněné plochy. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 30).

9.2.5 Pokus č. 5

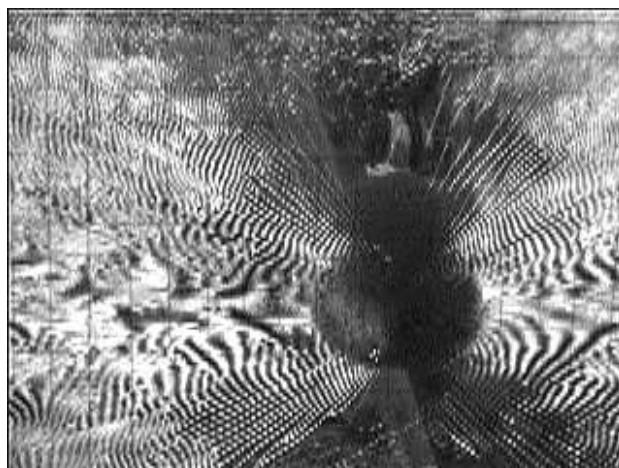
Při pátém dopadu se sklo taktéž mírně prohnulo a po překonání meze pevností došlo k prasknutí celé skleněné plochy. Kladivo kyvadla se po skle sklouzlo a zanechalo na něm stopu přibližně 75 mm dlouhou, která byla vzdálena od středu skla přibližně 58 mm. Následně se kladivo od skla odrazilo a díky bezpečnostní fólii nedošlo k vysypání střepů skleněné plochy. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 30).



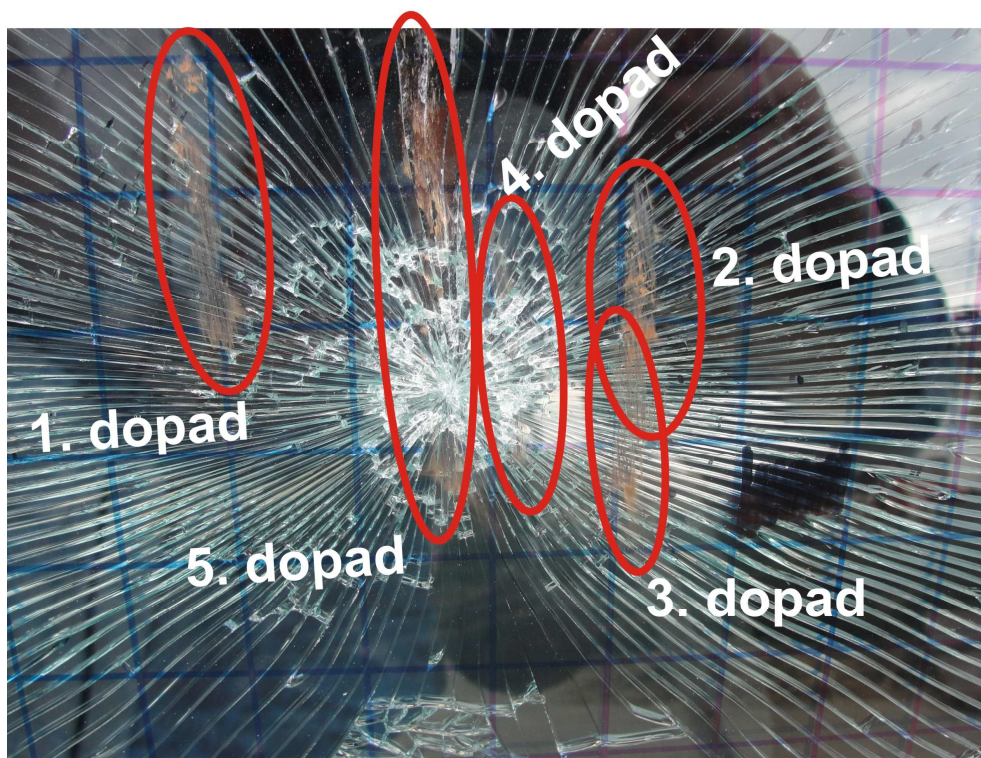
Obrázek 27 Snímek č. 194 – První dotek kyvadla



Obrázek 28 Snímek č. 195 – Počátek šíření praskliny



Obrázek 29 Snímek č. 196 – Prasknutá celá plocha skla



Obrázek 30 Stopy po dopadech na sklo Sekurit včetně bezpečnostní fólie

9.2.6 Pokus č. 6

Při šestém dopadu se sklo taktéž mírně prohnilo a navíc došlo k trvalému lokálnímu prohnutí skleněné plochy přibližně o 15 mm dovnitř interiéru. Lokální prohnutí bylo přibližně ve tvaru průměru dopadajícího kladiva kyvadla se středem asi 220 mm od středu skla u levého horního rohu rámu dveří. Kladivo se pak od skla odrazilo a došlo k mírnému vydrolení střeptů skleněné plochy. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 31).

9.2.7 Pokus č. 7

Při sedmém dopadu se sklo taktéž mírně prohnilo a navíc došlo k trvalému lokálnímu prohnutí skleněné plochy přibližně o 15 mm dovnitř interiéru. Lokální prohnutí bylo přibližně ve tvaru průměru dopadajícího kladiva kyvadla se středem asi 130 mm od středu skla u levého horního rohu rámu dveří. Kladivo se pak od skla odrazilo a došlo k mírnému vydrolení střeptů skleněné plochy. Stopa po dopadu je vyobrazena níže, (viz. Obrázek 31).

9.2.8 Pokus č. 8

Při osmém dopadu byla kyvadlu dodána počáteční kinetická energie. Sklo se v místě dopadu kladiva prorazilo a došlo také k protržení bezpečnostní fólie. Díky bezpečnostní fólii nedošlo k vytržení celé plochy skla z rámu dveří oproti protisluneční fólii. Protržení fólie je patrné z obrázku uvedeného pod tímto textem.



Obrázek 31 Protrhnuté sklo s bezpečnostní fólií

9.3 Sklo s protisluneční fólií

Testovaným vzorkem bylo levé zadní boční sklo. Tento vzorek vybavený kouřovou fólií nebylo bohužel možno snímat vysokorychlostní kamerou kvůli minimální propustnosti denního světla a pohlčení záření od pomocných prosvětlovacích zdrojů. Průběh této zkoušky byl snímán pouze obyčejnou digitální kameru Canon.

9.3.1 Pokus č. 1-7

Na skle byla provedena série pokusů, při nichž dopadalo kladivo kyvadla na plochu skla s protisluneční fólií. Při všech sedmi pokusech zanechalo kladivo kyvadla na skle viditelnou přibližně 40 mm dlouhou stopu po dopadu. Při každém úderu se sklo prohnulo, dále došlo k zatlačení celých dveří do konstrukce automobilu a velmi mírnému náklonu celého automobilu. Celé dveře pružně pracovaly díky gumovým těsněním po obvodu a sklo mělo taky menší možnost pracovat kvůli uchycení v rámu dveří, který je opatřen vodícími a těsnícími gumami.



Obrázek 32 Stopy po dopadech kyvadla na sklo s protisluneční fólií

9.3.2 Pokus č. 8

Sklo bylo roztrženo pro 8. pokus. Při roztržení došlo zároveň k protržení fólie a vytržení roztrženého skla s fólií z okenního rámu dveří. Celková odolnost proti osmi úderům oproti pěti úderům do bezpečnostní fólie může být zkreslena mnoha faktory. Jedním z faktorů je například jiný náklon automobilu kvůli upuštěné pneumatice, rozdílná délka schnutí lepu fólií nebo také kvůli rozdílu celkové pružnosti dveří a okolních gumových těsnění automobilu.



Obrázek 33 Testované sklo s protisluneční fólií



Obrázek 34 Proražení skla a protrhnutí fólie – úder č. 8



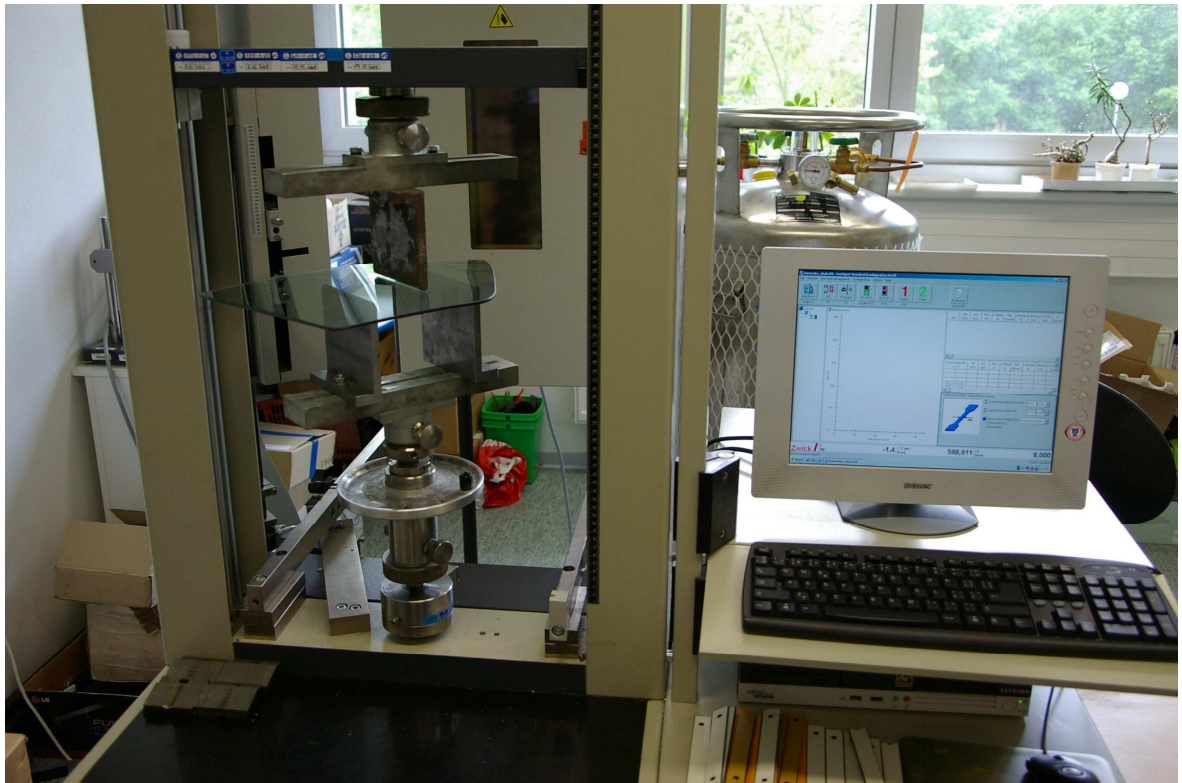
Obrázek 35 Vytrhávání skla s fólií



Obrázek 36 Vytržené celé sklo s fólií

10 ZKOUŠKA OHYBEM V LABORATOŘI

Zkouška ohybem probíhala v laboratoři na pracovišti určeném pro různé mechanické zkoušky. Zařízení bylo sestaveno pro zkoušku ohybem. Vzdálenost podpěr automobilového skla byla 130 mm. Rychlost zkoušky byla 10 mm za minutu, kdy se pohyboval horní nůž proti testovanému sklu a spodním podpěrám.



Obrázek 37 Pracoviště pro zkoušku ohybem

10.1 Skla Thorax

Pro tuto zkoušky byly použity dva kusy trojúhelníkových skel Thorax, které jsou uvedeny a jejich tloušťky změřeny výše (viz. 7.1.2).

10.1.1 Pokus č. 1

První testované sklo bylo bez jakékoli fólie. Po překonání meze pevnosti se sklo roztříštilo a neostré úlomky se rozlétly do vzdálenosti několika metrů. Naměřené hodnoty pro tento pokus jsou u vedeny níže (viz. Tabulka 11), přičemž první řádek odpovídá výsledkům naměřených pro toto sklo.

10.1.2 Pokus č. 2

Druhé testované sklo bylo vybaveno bezpečnostní fólií. Po překonání meze pevnosti došlo k prasknutí celé plochy skla, přičemž téměř všechny úlomky zůstaly přilepeny k bezpečnostní fólii. Naměřené hodnoty pro tento pokus jsou uvedeny níže (viz. Tabulka 11), přičemž druhý řádek odpovídá výsledkům naměřených pro toto sklo s fólií.

10.1.3 Výsledky zkoušky

Výsledky testování byly vyhodnoceny a zaznamenány pomocí testovacího zařízení pro zkoušku ohybem přičemž tabulka tyto výstupní hodnoty zobrazuje.

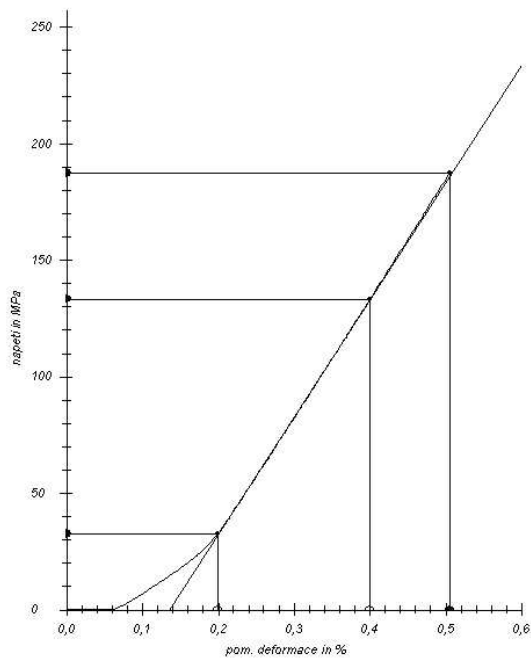
Tabulka vyjadřuje:

- a0 tloušťka automobilového skla,
- b0 délka skla v místě působení horního nože,
- Rm1 mez pevnosti autoskla vyjádřená v Newtonech,
- Rm2 mez pevnosti autoskla vyjádřená v Mega Pascalech.

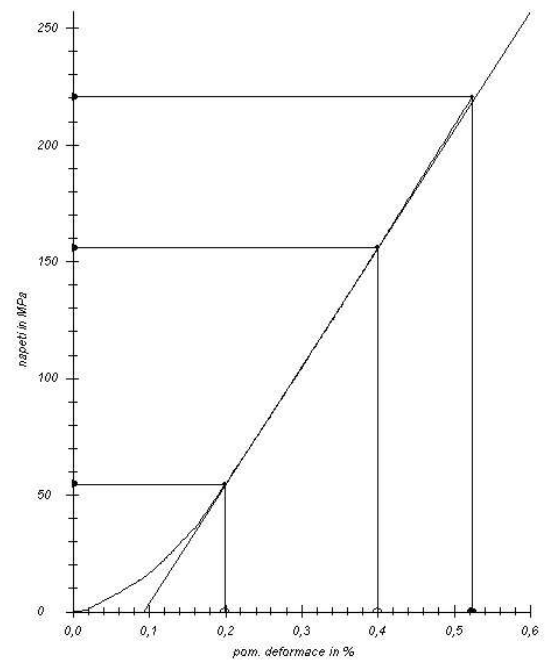
| Číslo zkoušky | a0 | b0 | Rm1 | Rm2 |
|---------------|------|-------|---------|--------|
| | [mm] | [mm] | [N] | [MPa] |
| 1 | 3,88 | 238,8 | 2687,62 | 145,78 |
| 2 | 3,88 | 238,8 | 3986,26 | 216,22 |

Tabulka 11 Výstupní hodnoty ohybové zkoušky skel Thorax

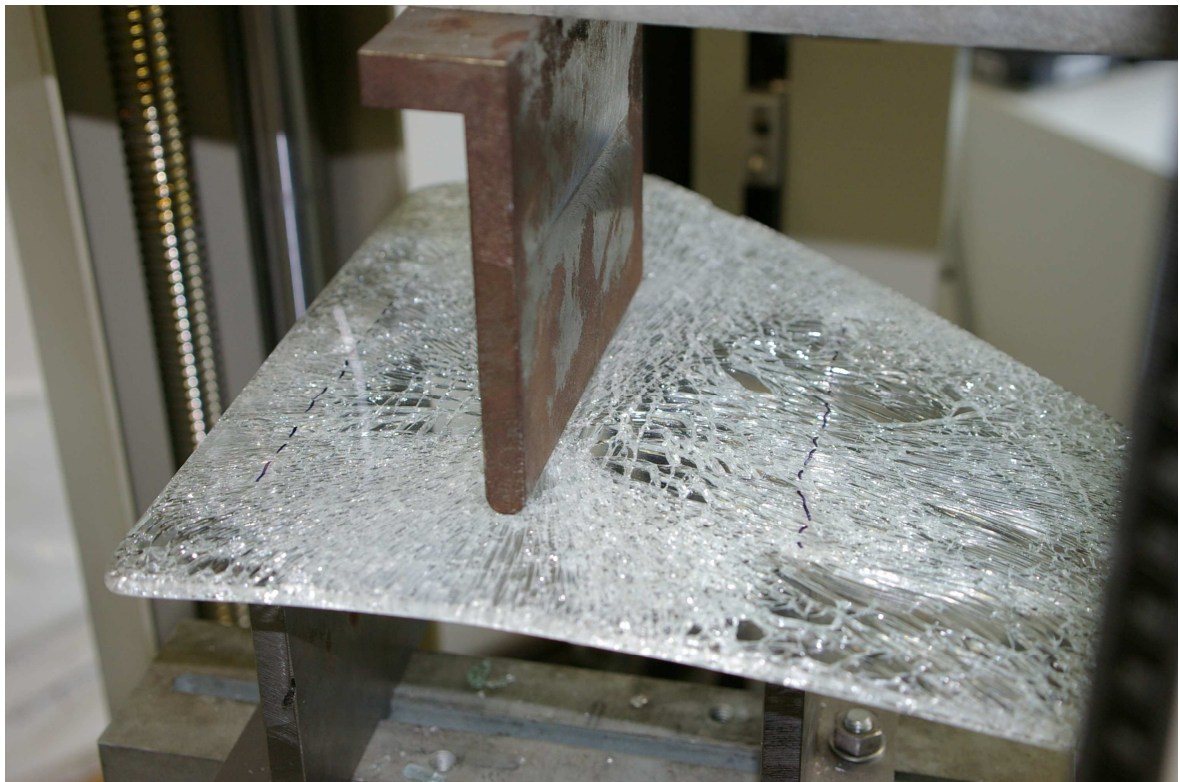
První řádek charakterizuje vlastnosti skla Thorax bez fólie a řádek druhý vlastnosti autoskla s aplikovanou bezpečnostní fólií. Podle hodnoty meze pevnosti Rm2 můžeme usoudit, že došlo ke zvýšení mechanické pevnosti skla s bezpečnostní fólií přibližně o 48 % oproti sklu bez bezpečnostní fólie. Níže uvedené grafy zobrazují průběh ohybové zkoušky, kdy graf vyjadřuje aktuální pevnost vůči poměrné deformaci skla.



Graf 4 Pevnost skla Thorax bez fólie,



Graf 5 Pevnost skla včetně bezp. fólie



Obrázek 38 Sklo Thorax včetně bezp. fólie po ukončení zkoušky

10.2 Skla Sekurit

Pro tuto zkoušky byly použity dva kusy trojúhelníkových skel Sekurit, přičemž jejich tloušťka byla přibližně 4,02 mm (viz. 7.2.3).

10.2.1 Pokus č. 1

První testované sklo Sekurit bylo bez jakékoli fólie. Po překonání meze pevnosti se sklo roztříštilo a neostře úlomky se rozlétly do vzdálenosti několika metrů. Naměřené hodnoty pro tento pokus jsou u vedeny níže (viz. Tabulka 12), přičemž první řádek odpovídá výsledkům naměřených pro toto sklo.

10.2.2 Pokus č. 2

Druhé testované sklo Sekurit bylo vybaveno bezpečnostní fólií. Po překonání meze pevnosti došlo k prasknutí celé plochy skla, přičemž téměř všechny úlomky zůstaly přilepeny k bezpečnostní fólii. Naměřené hodnoty pro tento pokus jsou u vedeny níže (viz. Tabulka 12), přičemž druhý řádek odpovídá výsledkům naměřených pro toto sklo s fólií.

10.2.3 Výsledky zkoušky

Výsledky testování byly vyhodnoceny a zaznamenány pomocí testovacího zařízení pro zkoušku ohybem přičemž tabulka tyto výstupní hodnoty zobrazuje.

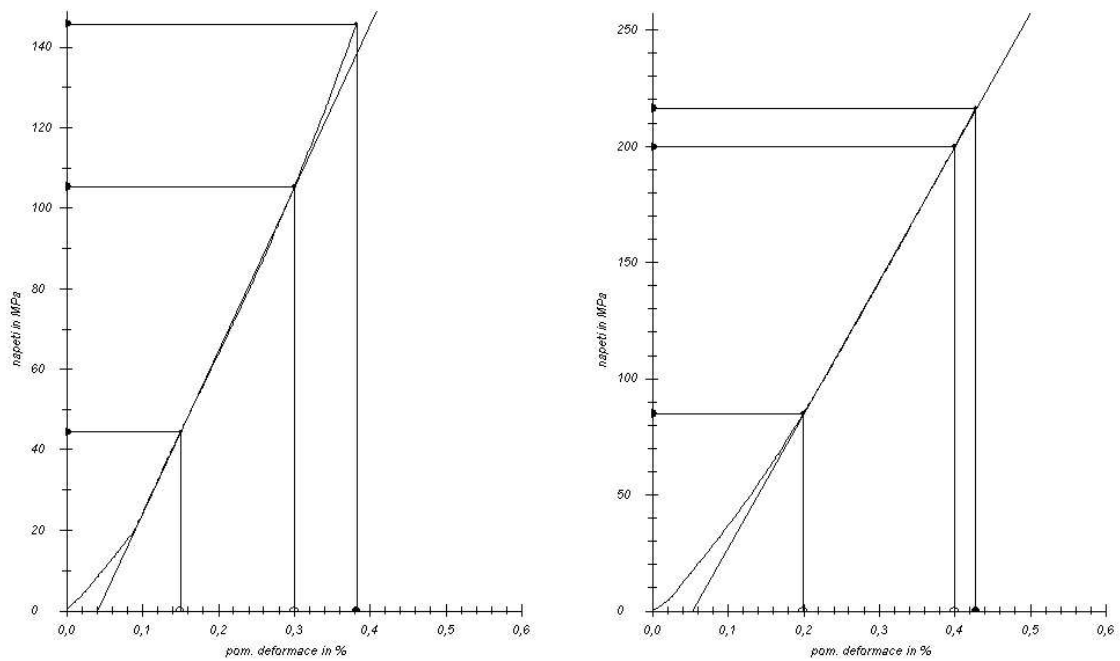
Tabulka vyjadřuje:

- a0 tloušťka automobilového skla
- b0 délka skla v místě působení horního nože
- Rm1 mez pevnosti autoskla vyjádřená v Newtonech
- Rm2 mez pevnosti autoskla vyjádřená v Mega Pascalech

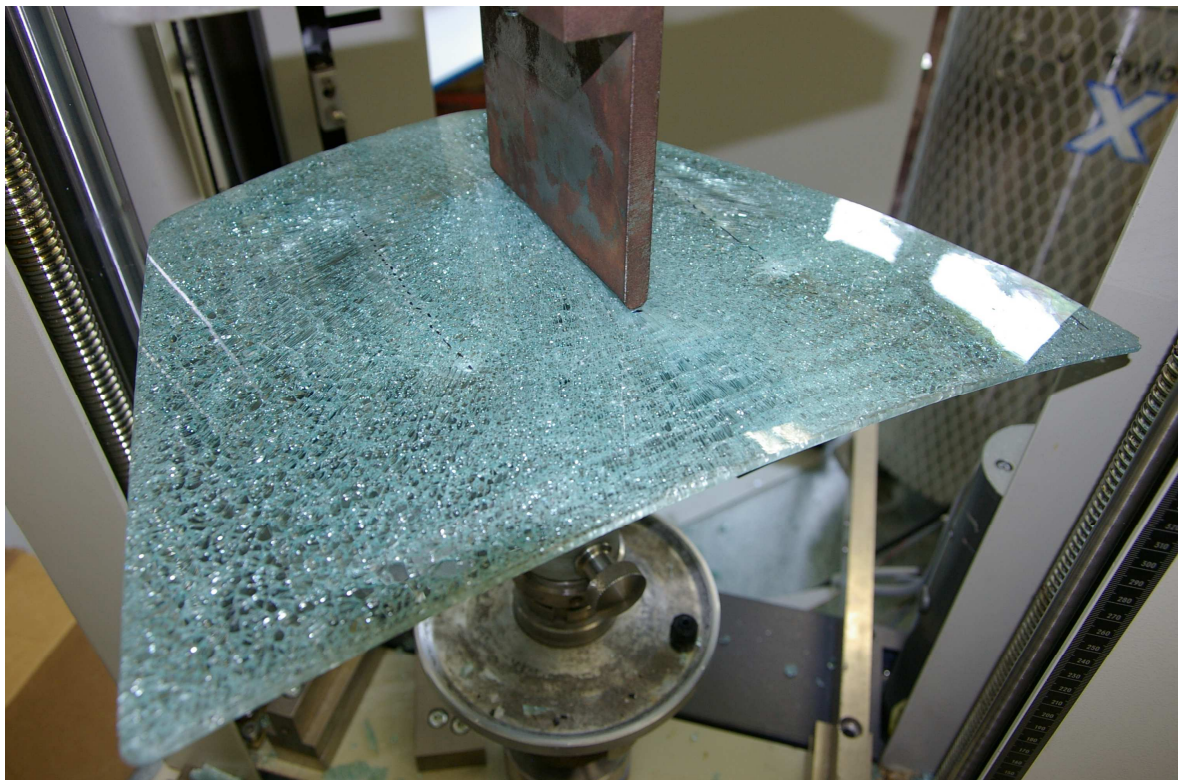
| Číslo zkoušky | a0 [mm] | b0 [mm] | Rm1 [N] | Rm2 [MPa] |
|------------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1 | 4,02 | 274,3 | 4262,16 | 187,49 |
| 2 | 4,02 | 274,3 | 5017,34 | 220,71 |

Tabulka 12 Výstupní hodnoty ohybové zkoušky skel Sekurit

První řádek charakterizuje vlastnosti skla Sekurit bez fólie a řádek druhý vlastnosti autoskla s aplikovanou bezpečnostní fólií. Podle hodnoty meze pevnosti Rm2 můžeme usoudit, že došlo ke zvýšení mechanické pevnosti skla s bezpečnostní fólií přibližně o 18 % oproti sklu bez bezpečnostní fólie. Níže uvedené grafy zobrazují průběh ohybové zkoušky, kdy graf vyjadřuje aktuální pevnost vůči poměrné deformaci skla.



Graf 6 Pevnost skla Sekurit bez fólie, Graf 7 Pevnost skla včetně bezp. fólie



Obrázek 39 Sklo Sekurit včetně bezp. fólie po ukončení zkoušky

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo otestovat dostupná automobilová skla třemi různými zkouškami a zjistit jejich mechanické vlastnosti. Automobilové protisluneční a bezpečnostní fólie jsou dle mého názoru jednou z nejefektivnějších úprav automobilového skla. Instalace těchto fólií je prováděna odbornou firmou. Montáž fólií je poměrně jednoduchá, rychlá, bez demontáže oken a také je cenově dostupná. Při porovnání úpravy automobilových skel pomocí fólií a pokovením hovoří téměř všechna fakta pro instalaci fólií. Údržba instalovaných fólií je jednoduchá. Při poškrábání fólií je možná jejich výměna. Stržením fólie je možné vrátit skla do původního stavu.

První zkouškou prováděnou v laboratoři byla zkouška pádová. Při prvních dvou pokusech bylo autosklo připevněno k dřevěné podložce. Autosklo nebylo při těchto pokusech rozbito, protože nedošlo k dostatečnému prohnutí skla a překonání meze pevnosti. V třetím pokusu byly upraveny podmínky. Autosklo bylo uvolněno od dřevěné podložky a podloženo pryží. Při tomto posledním dopadu kladiva došlo k roztříštění skla. Pro snímání šíření trhliny ve skle byla použita vysokorychlostní kamera Olympus i-SPEED 2.

Druhá zkouška byla prováděna v terénu přímo na automobilu. Jednalo se automobil Ford Mondeo z roku 1993. Všechna autoskla pocházela od výrobce Sekurit. Testováno bylo přední pravé boční sklo bez fólie, dále pravé zadní boční sklo s bezpečnostní fólií LLumar a nakonec levé zadní boční sklo s protisluneční fólií LLumar. Testovacím nástrojem bylo kyvadlo o hmotnosti 5,1 kg na závěsu dlouhém 1280 mm. K roztříštění skla bez fólie došlo již při prvním úderu. Tento děj byl taktéž nasnímán vysokorychlostní kamerou. Po dopadu kladiva kyvadla došlo k šíření praskliny skla z místa nejvíce oslabeného předchozím provozem nikoli z místa dopadu kladiva. Zadní sklo s instalovanou bezpečnostní fólií vydrželo 4 úderu kladiva. Při pátém úderu došlo k prasknutí celé plochy skla. I přes prasknutí nedošlo k vysypání plochy skla a rozbité sklo dále tvořilo bariéru proti vniknutí. Následnými dvěma úderu došlo pouze k trvalému lokálnímu prohnutí skla s fólií ve tvaru kladiva. Při posledním 8. dopadu byla kladivu udělena počáteční kinetická energie. Po dopadu pošlo k proražení skla a protržení fólie, kdy sklo s fólií stále tvořilo částečnou bariéru. Zadní sklo s protisluneční fólií vydrželo 7 nárazů kladiva. Při 8. nárazu došlo k prasknutí celé plochy, proražení skla, protržení fólie a následnému vytržení celého autoskla včetně fólie mimo automobil.

Závěrem terénní zkoušky se dá říci, že bezpečnostní fólie splnila svůj účel a i po jejím protržení stále tvořila částečnou bariéru proti vniknutí.

Poslední zkouškou byla zkouška ohybem v laboratoři. Testovaná trojúhelníková skla byla od firem Thorax a Sekurit. Jedno sklo bylo vždy bez fólie a druhé s instalovanou bezpečnostní fólií. U skel výrobce Thorax došlo k poměrně velkému zvýšení mechanické odolnosti skla s instalovanou bezpečnostní fólií o 48 %. U skel výrobce Sekurit došlo také ke zvýšení mechanické odolnosti skla s instalovanou fólií o 18 %.

Cíl práce byl naplněn a bylo dokázáno, že automobilové fólie přispívají ke zlepšení estetických i mechanických vlastností skla.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Object of this bachelor's work was test accessible automobile side windows by three different tests to find out their mechanical properties. Automotive solar and security films are in my opinion one of the most effective adjustments of automotive glass. This films are installed by certified firms. Installation is quite simply, fast, without dismantling the windows and affordable. When we compare adjustment of automotive glass by using a film and plating then almost all of the facts speaks for film instalations. Maintenance of these films is simple. You can easy replace scratched films. If you want to turn back original condition of the car then the films can be removed

The first test was made in the laboratory by drop test. In the first two attempts were a windscreen attached to a wooden pad. Windscreen in this experiments were not smashed because the glass was not enough bended and the strenght limit was not passed. In the third experiment were adjusted terms. Windscreen was released from wooden pad and backed with rubber. In this last hammer impact was windscreen shattered. To capture shattering glass was used high-speed camera Olympus i-SPEED 2.

The second test was realized off-road directly on the car. The tested car was Ford Mondeo made in 1993. All of the tested windscreens was made by Sekurit. First of tested windsreens was front left window with no film, then rear left window protected by security film LLumar and finally right rear window protected by solar film LLumar. Test instrument was a pendulum weighing 5.1 kg fixed to 1280 mm long chain. The front unprotected windscreen was shattered by first hit of the pendulum hammer. The whole test was also captured by high speed camera. After the impact of the pendulum hammer were the cracks spread in the glass from the most damaged part of the windscreen not from impact hammer. Rear window with security film resist four hits of hammer. After the fifth hit the whole surface of the glass was broken. Broken window with security film was still making strong barrier from break-in. Next two hits cause permanent and local deformation as big asi pendulum hammer. At the last eighth impact was the hammer pushed off with initial kinetic energy. After that the window was still making a strong barrier against break-in. Rear window with solar film resist seven hits of hammer. The whole windscreen surface was shattered, the hammer break through and whiped out windscreen with solar film after the last eighth impact.

Finally we can declare that the security film has fulfilled its purpose because after the hammer break in it still made a strong barrier against break-in.

The last test was realized in the laboratory and it was the bending test. Tested triangular glass was made by companies Sekurit and Thorax. Both windscreens were with no protection and the rest was protected by security film. At the first were tested Thorax windscreens. The result was 48 % increase the mechanical strength with installed security film. Finally were tested Sekurit windscreens. The result was 18 % increase the mechanical strength with installed security film.

This objective has been fulfilled and it was proven that automotive films help to improve the aesthetical and mechanical properties of glass.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [26] POPOVIČ, Štěpán. *Výroba a zpracování plochého skla*. 1. vyd. Praha : Grada, 2009. 256 s. ISBN 978-80-247-3154-4.
- [2] PATA, Vladimír. *Vysokorychlostní kamerové systémy*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 96 s. ISBN 80-7204-480-X.
- [3] VONDRUŠKA, Vlastimil. *Sklářství*. Alena Vondrušková. 1. vyd. Praha : Grada, 2002. 273 s. ISBN 80-247-0261-4.
- [4] IVANKA, Ján. *Mechanické zábranné systémy*. Vyd. 1. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. 151 s. ISBN 978-80-7318-910-5.
- [5] RŮŽIČKA, Petr. Existuje neukradnutelné auto?. *Security Magazín*. 2/2009, roč. XVI., č. 88, s. 8-10. ISSN 1210-8723.
- [6] *MIDDEX AGENCY s.r.o. : Dovoz, prodej, montáž folii LLumar* [online]. 2002 [cit. 2010-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.middex.cz/index.php>>.
- [7] *Autofólie LLumar* [online]. 2007 [cit. 2010-04-22]. Autofólie na sklo - tónování autoskel. Dostupné z WWW: <<http://www.autofolie-llumar.cz/autofolie>>.
- [8] *Madico CZ* [online]. 2006 [cit. 2010-05-03]. Stanovisko Ministerstva dopravy a spojů ČR k tonování skel vozidel. Dostupné z WWW: <<http://madico.cz/aktuality/stanovisko-ministerstva-dopravy-a-spoju-cr-k-tonovani-skel-vozidel/>>.
- [9] ČSN EN 12600 . *Sklo ve stavebnictví - Kyvadlová zkouška - Metoda zkoušení nárazem a klasifikace pro ploché sklo : Sklo ve stavebnictví - Kyvadlová zkouška - Metoda zkoušení nárazem a klasifikace pro ploché sklo*. [s.l.] : [s.n.], 2002. 23 s.
- [10] ČSN EN 356 . *Sklo ve stavebnictví - Bezpečnostní zasklení - Zkoušení a klasifikace odolnosti proti ručně vedenému útoku*. [s.l.] : [s.n.], 2000. 16 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

fps Snímkovací frekvence vyjadřující počet snímků za sekundu

px Pixel, nejmenší jednotka vyjadřující jeden obrazový bod

mm Milimetr

kg Kilogram

°C Stupeň Celsia

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| <i>Obrázek 1 Lomové obrazce.....</i> | 16 |
| <i>Obrázek 2 Štítky pro dodatečně upravená autoskla [7]</i> | 25 |
| <i>Obrázek 3 Typový list pro automobil s dodatečnou úpravou skel [7].....</i> | 25 |
| <i>Obrázek 4 Druhy protislunečních fólií LLumar [6]</i> | 26 |
| <i>Obrázek 5 Druhy bezpečnostních fólií LLumar [6].....</i> | 27 |
| <i>Obrázek 6 Vnější působení na autosklo</i> | 38 |
| <i>Obrázek 7 Vnitřní působení na autosklo.....</i> | 46 |
| <i>Obrázek 8 Pracoviště pro pádovou zkoušku</i> | 54 |
| <i>Obrázek 9 Snímek č. 36 – První dotyk kladiva</i> | 55 |
| <i>Obrázek 10 Snímek č. 58 – Maximální průhyb skla.....</i> | 55 |
| <i>Obrázek 11 Snímek č. 24 – První dotyk kladiva</i> | 56 |
| <i>Obrázek 12 Snímek č. 78 – Maximální průhyb skla.....</i> | 56 |
| <i>Obrázek 13 Snímek č. 28 – První dotyk kladiva</i> | 57 |
| <i>Obrázek 14 Snímek č.29 – Počátek šíření praskliny.....</i> | 57 |
| <i>Obrázek 15 Snímek č. 30 – Prasknutá celá plocha skla</i> | 58 |
| <i>Obrázek 16 Návrh testovacího zařízení.....</i> | 59 |
| <i>Obrázek 17 Konstrukce testovacího kyvadla</i> | 60 |
| <i>Obrázek 18 Roztříštěné sklo Sekurit</i> | 61 |
| <i>Obrázek 19 Snímek č. 6330 – První dotyk kyvadla.....</i> | 61 |
| <i>Obrázek 20 Snímek č. 6331 – Počátek šíření praskliny.....</i> | 61 |
| <i>Obrázek 21 Snímek č. 6332 – Další rozšiřování prasklin.....</i> | 62 |
| <i>Obrázek 22 Snímek č. 6333 – Prasknutá celá plocha skla</i> | 62 |
| <i>Obrázek 23 Snímek č. 361 – První dotyk kyvadla.....</i> | 63 |
| <i>Obrázek 24 Snímek č. 412 – Maximální průhyb skla.....</i> | 63 |
| <i>Obrázek 25 Snímek č. 589 – Zanechaná stopa kyvadla.....</i> | 64 |
| <i>Obrázek 26 Stopy po 1. a 2. dopadu na autosklo s bezpečnostní fólií.....</i> | 64 |
| <i>Obrázek 27 Snímek č. 194 – První dotek kyvadla.....</i> | 65 |
| <i>Obrázek 28 Snímek č. 195 – Počátek šíření praskliny.....</i> | 66 |
| <i>Obrázek 29 Snímek č. 196 – Prasknutá celá plocha skla</i> | 66 |
| <i>Obrázek 30 Stopy po dopadech na sklo Sekurit včetně bezpečnostní fólie.....</i> | 67 |
| <i>Obrázek 31 Protrhnuté sklo s bezpečnostní fólií</i> | 68 |

| | |
|---|-----------|
| Obrázek 32 Stopy po dopadech kyvadla na sklo s protisluneční fólií..... | 69 |
| <i>Obrázek 33 Testované sklo s protisluneční fólií</i> | <i>70</i> |
| <i>Obrázek 34 Proražení skla a protrhnutí fólie – úder č. 8.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Obrázek 35 Vytrhávání skla s fólií.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Obrázek 36 Vytržené celé sklo s fólií</i> | <i>71</i> |
| <i>Obrázek 37 Pracoviště pro zkoušku ohybem</i> | <i>72</i> |
| <i>Obrázek 38 Sklo Thorax včetně bezp. fólie po ukončení zkoušky</i> | <i>74</i> |
| <i>Obrázek 39 Sklo Sekurit včetně bezp. fólie po ukončení zkoušky</i> | <i>77</i> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| <i>Tabulka 1 Chemické složení float skloviny [1]</i> | 14 |
| <i>Tabulka 2 Vývoj automobilového zasklení</i> | 20 |
| <i>Tabulka 3 Statistika krádeží 2005-2009 pro Zlínský kraj</i> | 41 |
| <i>Tabulka 4 Statistika krádeží 2005-2009 pro Jihomoravský kraj</i> | 41 |
| <i>Tabulka 5 Statistika krádeží 2005-2009 pro Hlavní město Praha</i> | 42 |
| <i>Tabulka 6 Statistika krádeží 2005-2009 pro celou Českou republiku</i> | 42 |
| <i>Tabulka 7 Hodnoty tloušťky skla Thorax</i> | 50 |
| <i>Tabulka 8 Hodnoty tloušťky skla Sekurit</i> | 51 |
| <i>Tabulka 9 Hodnoty tloušťky protisluneční fólie</i> | 52 |
| <i>Tabulka 10 Hodnoty tloušťky bezpečnostní fólie</i> | 53 |
| <i>Tabulka 11 Výstupní hodnoty ohybové zkoušky skel Thorax</i> | 73 |
| <i>Tabulka 12 Výstupní hodnoty ohybové zkoušky skel Sekurit</i> | 76 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| <i>Graf 1 Statistika krádeží věcí z vozidel v roce 2008</i> | 43 |
| <i>Graf 2 Statistika krádeží věcí z vozidel v roce 2009</i> | 43 |
| <i>Graf 3 Riziko krádeže v jednotlivých krajích</i> | 44 |
| <i>Graf 4 Pevnost skla Thorax bez fólie,</i> <i>Graf 5 Pevnost skla včetně bezp. fólie</i> | 74 |
| <i>Graf 6 Pevnost skla Sekurit bez fólie,</i> <i>Graf 7 Pevnost skla včetně bezp. fólie</i> | 77 |