

و بدنه خودرو به منظور افزایش ایمنی عابریاده

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۵/۰۹

جواد مرزبان‌راد^۱حمیدرضا خلیلی^۲

چکیده

در بیشتر کشورهای اتحادیه اروپا، تعداد تلفات جاده‌ای در طول بیست سال اخیر کاهش یافته است. طراحی خودرو و روش‌های تکنیکی جدید در مورد ایمنی، موجب جلوگیری از تصادفات شده و همچنین رفتار راننده و عابریاده و سرویس فوری اورژانس و اعمال قوانین ترافیکی، همه و همه به این موضوع کمک کرده است. اخیراً فعالیت‌های زیادی در اتحادیه اروپا برای افزایش ایمنی عابریاده به عمل آمده است. بدین منظور کمیته اروپایی رسیدگی به ایمنی خودرو تشکیل و مطالعات مختلفی در مورد ایمنی عابریاده انجام شد. وظیفه این گروه تعیین روش‌های آزمون و حدنصاب مورد قبول است که خودروها در هنگام تصادف با عابریاده باید به آن برسند. براساس این تحقیقات روش‌های آزمون و قوانین برای حفاظت از عابریاده در برخورد از جلو تعیین شد.

بررسی آمار تصادف در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که بیشتر تصادفات منجر به مرگ عابریاده مربوط به برخورد سر به قسمت جلوی خودرو است که یکی از روش‌های جدید کاهش صدمات، تغییر جنس سازه و بدنه خودرو و جایگزین کردن پنل یک پارچه فلزی با پنل‌های چندلایه کامپوزیتی- فلزی مخصوصاً در قسمت درب موتور است. این امر باعث می‌شود میزان شتاب وارد بر سر عابریاده به میزان قابل توجهی کاهش یافته و در نتیجه از میزان مرگ ناشی از تصادفات کاسته شود. به کارگیری پنل‌های چندلایه در سازه و بدنه خودرو، مزیت‌های دیگری همچون افزایش جذب انرژی تصادف در این نوع پنل و کاهش صدمه به سرنشین خودرو و کاهش وزن و مصرف سوخت خودرو را به همراه دارد. در این مقاله چگونگی به کارگیری پنل‌های چندلایه کامپوزیتی- فلزی در سازه و بدنه خودرو را مورد بررسی قرار داده و مزیت‌های به کارگیری آنها را بیان می‌داریم.

کلیدواژه‌ها: پنل‌های چندلایه کامپوزیتی- فلزی، کاهش صدمات تصادف، کاهش مصرف

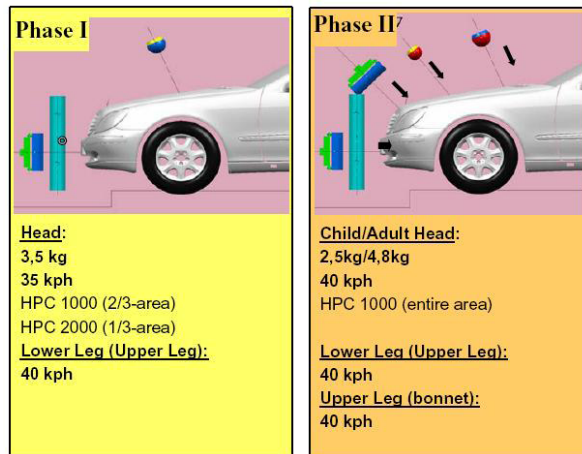
سوخت خودرو و جذب انرژی تصادف.

^۱ استادیار دانشکده مهندسی خودرو دانشگاه علم و صنعت ایران، marzban@iust.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد مهندسی خودرو، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا، hkhalili1999@gmail.com

در اتحادیه اروپا بیش از ۷۰۰۰ عابر پیاده و ۲۰۰۰ دوچرخه سوار در هر سال در تصادفات جاده‌ای کشته می‌شوند و چند صد هزار نفر نیز مجروح می‌شوند. در فرانسه تلفات عابران پیاده برای هر ۱۰۰ تصادف جاده‌ای مرگبار ۱۲ نفر و در انگلستان ۳۲ نفر می‌باشد [۳]. تعداد زیادی از این عابران یا دوچرخه سواران با قسمت جلوی خودرو برخورد می‌کنند. بدین منظور کمیته اروپایی رسیدگی به ایمنی خودرو^۱ تشکیل گردید و مطالعات مختلفی در مورد ایمنی عابر پیاده انجام داد. براساس این تحقیقات، پیشنهاد های مختلفی برای سازه جلوی خودرو ارائه شد و همچنین روش های آزمون و قوانین برای حفاظت از عابر پیاده در برخورد از جلو تعیین گردید.

این تلاش ها موجب شد که سازه جلوی خودرو به گونه ای طراحی شود که بتواند ایمنی عابر پیاده را در هنگام برخورد حفظ کند. این آزمون ها شامل دو مرحله می‌باشد: یکی آزمون برخورد مدل سر کودک و بزرگسال به درب موتور و دیگر آزمون برخورد مدل پا به سپر جلو که در شکل یک چگونگی این آزمون ها آورده شده است.



شکل یک: چگونگی انجام آزمون های مرحله اول و دوم

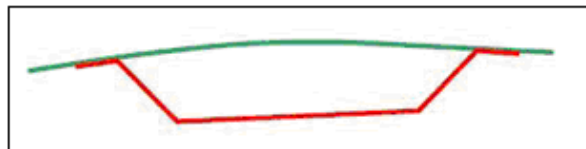
معیار آسیب به سر با HPC نشان داده می‌شود و در مرحله اول درب موتور فقط با یک نوع شکل سر عابر پیاده آزمون می‌شود. این شکل سر نشان دهنده سر یک بچه یا یک بزرگسال با جرم ۳/۵ کیلوگرم است. آزمون در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت انجام

¹ European Enhanced Vehicle-Safety Committee

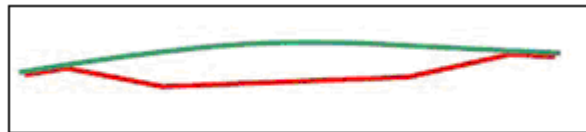
می‌شود که در این تست معیار HPC در $2/3$ سطح برخورد نباید از 1000 تجاوز کند [۴].

در مرحله دوم، دو نوع مختلف شکل سر تعریف می‌شود. یکی از شکل‌های سر نشان‌دهنده سر کودک با جرم $2/5$ کیلوگرم و دیگری نشانگر سر بزرگسال با جرم $4/8$ کیلوگرم می‌باشد.

دو روش مختلف آزمون در نواحی مختلف مورد امتحان قرار می‌گیرد. سرعت برخورد هر دو شکل سر 40 کیلومتر بر ساعت است و معیار HPC نباید از 1000 تجاوز کند. در آزمون شکل سر، دو موضوع اساسی باید مورد توجه قرار گیرد: یکی سختی ساختار مورد برخورد، درب موتور یا لبه‌های درب موتور و دوم فضای خالی زیر درب موتور تا اجزا صلب داخل محفظه موتور. تغییر شکل درب موتور باید با توجه به سطح خارجی و اجزای تقویتی آن مورد توجه قرار گیرد. با اضافه کردن فضاهای خالی بین دو سطح درب موتور می‌توان سختی کلی درب موتور را بهبود داد. ساختار زیرین درب موتور باید انعطاف‌پذیر و شکل‌پذیرتر ساخته شود. یک روش برای دستیابی به این مورد، تغییر در سطح مقطع تیرهای تقویتی است که در شکل دو و سه مدل اصلاحی درب موتور آورده شده است [۵].



شکل دو: تقویتی کنونی درب موتور



شکل سه: تقویتی پیشنهادی درب موتور

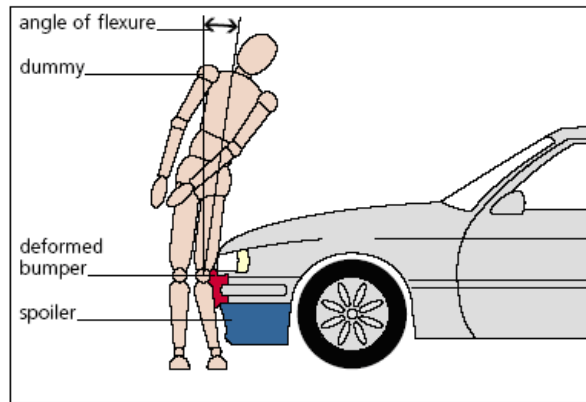
براساس این مطالعات چندین پیشنهاد ارائه شد که می‌توان به فضای لازم زیر درب موتور تا قسمت‌های صلب داخلی و همچنین فاصله بین پوسته سپر و سپر آلومینیومی

اشاره کرد. به خاطر این که لولاهای درب موتور ایجاد سختی موضعی می کنند باید لولاها را از نقاطی که محل برخورد سر به آنجاست، حذف کرد. بنابراین این کار نیاز به تغییر طراحی دارد که معمولاً لولاها را به نزدیکی های ستون جلو انتقال می دهند. بعد از انجام چندین آزمون روی شکل سرکودک روی درب موتوری که پوسته خارجی آن آهنی بود. با قراردادن لایه ای از فوم PVC بین پوسته خارجی و داخلی درب موتور میزان HPC کمتر از ۱۰۰۰ می شود که در شکل چهار نقاط برخورد در نظر گرفته بر روی درب موتور در آزمون ایمنی عابر پیاده آورده شده است.



شکل چهار: نقاط برخورد سر عابر پیاده به درب موتور در آزمون ایمنی

نکته قابل تأمل در این آزمون ها میزان ارتفاع مجاز سپر می باشد. ارتفاع استاندارد سپر ۴۴۵ میلی متر از سطح زمین می باشد در شکل پنج ارتفاع مجاز سپر آورده شده است که با استفاده از پوسته سپر از جنس پلی پروپیلن می توان به یک همگونی مناسب بین سپر و لبه جلویی درب موتور رسید [۶].

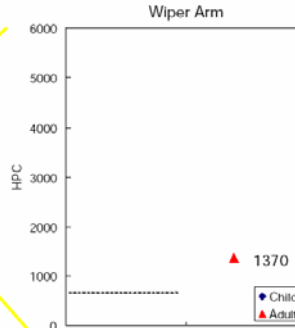


شکل پنج: میزان ارتفاع مجاز سپر در آزمون ایمنی عابر پیاده

برای دستیابی به فضای تغییرشکل کافی برای جذب انرژی بیشتر توسط درب موتور از مکانیزم بالآورنده درب موتور استفاده می‌شود. این مکانیزم در هنگام تصادف توسط سنسورهای حساس به ضربه عمل می‌کند و درب موتور در ناحیه انتهایی درب موتور نزدیک شیشه جلو به اندازه ۸۰ میلی‌متر بالا می‌آید که با استفاده از این مکانیزم در اکثر نقاط معیار HPC به زیر ۱۰۰۰ نزل می‌کند. همچنین سپر جلو به اندازه ۲۰ میلی‌متر جلو آورده می‌شود تا هم جا برای جذب انرژی موجود باشد و هم این‌که بتواند از هسته فوم مانند، بین پوسته سپر و عضو عرضی استفاده کرد. و نکته دیگری که در این تحقیقات بیان شد این است که چون شکل سر کودک ۲/۵ کیلوگرم وزن دارد، درب موتور باید سختی کمی و در نتیجه ضخامت کمی داشته باشد اما به این نکته باید توجه کنیم که درب موتور از نظر سازه‌ای استحکام لازم را داشته باشد. مخصوصاً در هنگام وارد شدن نیروهای آیرودینامیک تغییرشکل پیدا نکند. همچنین در نواحی لولاها تغییر شکل پلاستیک به وجود نیاید و برای محافظت از سر عابر پیاده هنگام برخورد با دسته برف پاک‌کن باید دسته برف پاک‌کن را به گونه‌ای ساخت که در اثر برخورد انرژی جذب کند یا روش بهتر این‌که مجموعه برف پاک‌کن را در ناحیه‌ای پایین‌تر از درب موتور تعبیه نمود تا در هنگام برخورد عابر پیاده درب موتور ابتدا کمی جذب انرژی کند و از اصابت مستقیم سر عابر پیاده به مجموعه برف پاک‌کن جلوگیری شود. برف پاک‌کن وقتی که خودرو در باران شدید یا هوای سرد برفی حرکت می‌کند نیاز به نگهدارنده‌های قوی دارد تا عمل خود را به درستی انجام دهد، بنابراین برای حل

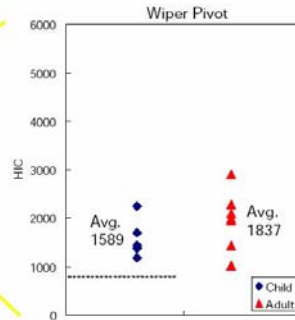
این مشکل می‌توان از نگهدارنده‌های برف پاک‌کن شکننده استفاده کرد که در ادامه چند نمونه آزمون و به همراه میزان HPC آورده شده است [۸].

Wiper Arm



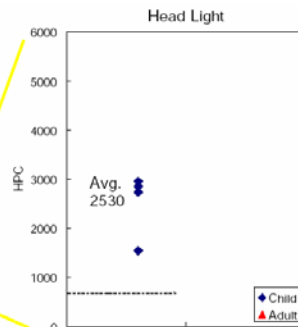
شکل شش: نتایج آزمون مدل سر برای دسته برف پاک‌کن [۸]

Wiper Pivot

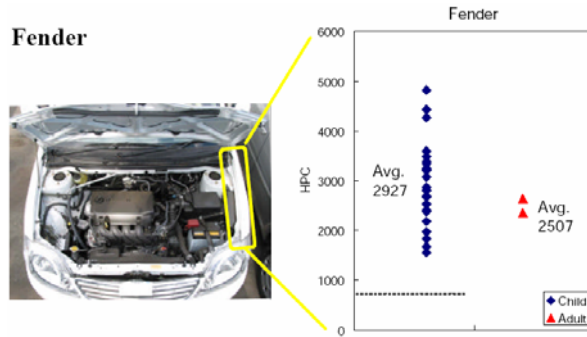


شکل هفت: نتایج آزمون مدل سر برای توپی برف پاک‌کن [۸]

Head Light

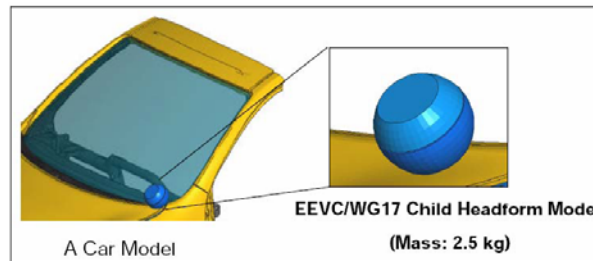


شکل هشت: نتایج آزمون مدل سر برای چراغ‌های جلو [۸]

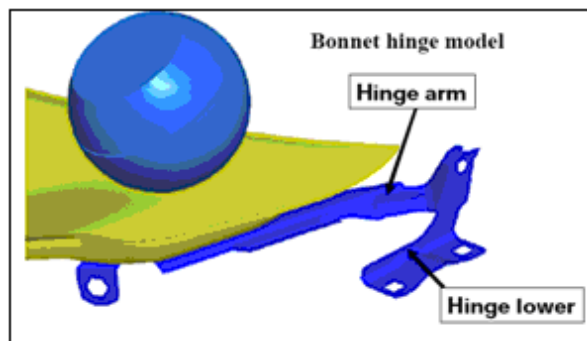


شکل نه: نتایج آزمون مدل سر برای گلگیر [۸]

با توجه به هزینه بالای تست‌های عملی می‌توان از شبیه‌سازی رایانه‌ای برای تست ایمنی خودرو استفاده کرد که در شکل ده و یازده نمونه‌ای از این شبیه‌سازی‌ها آورده شده است [۹].



شکل ده: شبیه‌سازی رایانه‌ای مدل سر کودک و مدل خودرو [۹]



شکل یازده: شبیه‌سازی رایانه‌ای مدل سر و لولای درب موتور [۹]

به‌کارگیری پنل‌های چندلایه در سازه و بدنه خودرو

یکی از روش‌های جدید کاهش صدمات عابر پیاده، تغییر جنس سازه و بدنه خودرو و جایگزین کردن پنل یک‌پارچه فلزی با پنل‌های چندلایه کامپوزیتی- فلزی مخصوصاً در قسمت درب موتور می‌باشد. این امر باعث می‌شود میزان شتاب وارد بر سر عابر پیاده به میزان قابل توجهی کاهش یافته و میزان مرگ ناشی از تصادفات کاهش یابد. در ادامه تاریخچه‌ای از پیدایش پنل‌های چندلایه و به‌کارگیری آنها در سازه و بدنه خودرو آورده شده است [۷].

مرکز تحقیقات واحد توسعه و فناوری کاربردی خودرو^۱ در کشور هلند بر روی پنل‌های ساندویچی تحقیقات گسترده‌ای شروع کرده است. همچنین تست ضربه دینامیکی^۲ (DIT) روی پنل خودرو در مرکز تحقیقات Corus توسعه یافت [۸].

تست ضربه مکانیکی برای اندازه‌گیری مقاومت به فرورفتگی^۳ پنل‌های خارجی بدنه خودرو در برابر اجسامی که با سرعت زیاد به سمت پنل خودرو پرتاب می‌شوند به کار می‌رود. تجهیزات این مرکز شامل یک تفنگ بادی است که پرتابه را به سمت پنل با سرعت بین ۲۰۰-۴۰ کیلومتر بر ساعت شلیک می‌کند. مطابق شکل دوازده، سنسورهای اندازه‌گیری میزان ضربه و سرعت برگشت پرتابه و همچنین دستگاه اندازه‌گیری سه بعدی شکل فرورفتگی و عمق فرورفتگی است.

مرکز تحقیقات Corus اثر نوع و خواص ماده شامل (فولاد، آلومینیم، مواد مرکب و ساندویچی) و تأثیر ضخامت و هندسه محصول نهایی بر مقاومت به فرورفتگی آن را بررسی می‌کند که این تحقیقات اطلاعات مفیدی به خودروسازان برای انتخاب نوع ماده به‌کاررفته در بدنه خودرو ارائه می‌دهد. به‌عنوان مثال، این مرکز با انجام تحقیقاتی بر روی تأثیر ضخامت و تنش تسلیم پنل بر مقاومت به فرورفتگی آن انجام داد به این نتیجه رسید که با افزایش ضخامت و تنش تسلیم پنل میزان عمق فرورفتگی کاهش و مقاومت به فرورفتگی افزایش می‌یابد.

¹ Corus

² Dynamic Impact Test

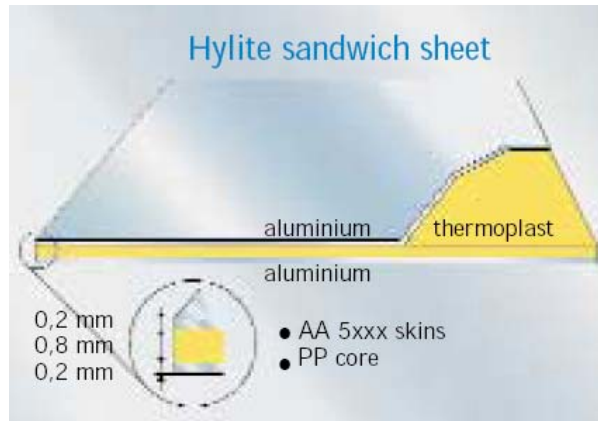
³ Dent Resistance

همچنین نتایج عملی تست ضربه دینامیکی برای صحنه‌گذاری، تأیید اعتبار و توسعه مدل‌های شبیه‌سازی اجزای محدود برای پیشگویی مقاومت به فرورفتگی دینامیکی پنل خودرو به کار می‌رود.



شکل دوازده: تفنگ بادی برای آزمون ضربه دینامیکی پنل خودرو

پروژه اخیر مرکز تحقیقات Corus طراحی و ساخت ورق‌های ساندویچی سبک سه‌لایه از جنس آلومینیوم- پلی پروپیلن (Al/Polypropylene/Al) است که این پنل با نام تجاری Hylite به ثبت رسیده است و در شکل سیزده نمونه‌ای از این پنل آورده شده است.



شکل سیزده: پنل خودرو ساخته شده در مرکز corus

به گفته این مرکز، ساخت پنل‌های خودرو با این پنل علاوه بر داشتن مقاومت و استحکام کافی موجب کاهش محسوس وزن می‌شود به طوری که در مقایسه با فولاد موجب ۶۵ درصد کاهش وزن و در مقایسه با آلومینیوم ۳۰ درصد موجب کاهش وزن می‌شود. در شکل چهارده، خودروی ساخته شده از پنل Hylite آورده شده است.



شکل چهارده: خودروی ساخته شده توسط پنل ساندویچی با مزیت ۶۵ درصد کاهش وزن بدنه

ضخامت پنل Hylite، ۱/۲ میلی‌متر است که از دو لایه خارجی آلومینیم به ضخامت ۰/۲ میلی‌متر و هسته ۰/۸ میلی‌متری پلی‌پروپیلن تشکیل شده است. این مرکز برای تأیید کیفیت این پنل تست‌های زیر را انجام داده است:

مقاومت به فرورفتگی استاتیکی و دینامیکی؛
سختی پنل؛

کنترل کیفیت سطح پنل؛

قابلیت تعمیر و نگهداری؛

قابلیت کاهش ارتعاش، لرزش و صدا؛

میزان فرسایش و خوردگی.

با انجام این تست‌ها قابلیت‌های ارزشمند پنل Hylite و مزیت‌های به کارگیری

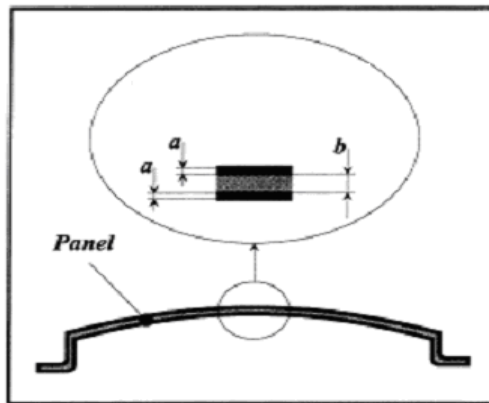
آن در پنل خودرو مشخص شد.

اصنافی^۱ و همکارانش [۱۱] از اولین کسانی بودند که استفاده از ورق‌های

چندلایه ساندویچی فلز- کامپوزیت- فلز^۱ را در صنعت خودرو با مزیت کاهش وزن

^۱ Asnafi

محسوس پیشنهاد دادند. آنها یک پنل سه لایه فلز- کامپوزیت- فلز که ضخامت لایه‌های فلز ۰/۲ میلی‌متر و از جنس فولاد و ضخامت لایه کامپوزیت حدود ۰/۶ میلی‌متر و از جنس Glass/Epoxy بود را با ورق‌های یک لایه آلومینیوم به ضخامت ۱ میلی‌متر، فولاد کربنی به ضخامت ۰/۸ میلی‌متر و فولاد زنگ نزن به ضخامت ۰/۸ میلی‌متر مقایسه کردند و به خواص قابل قبول پنل MCM از جمله مقاومت به فرورفتگی و ضربه‌پذیری، پی بردند. در شکل پانزده نمونه‌ای از این پنل آورده شده است.



شکل پانزده: شماتیک پنل ساندویچی سه لایه با ضخامت فلز a و ضخامت کامپوزیت b

در مقایسه این پنل‌ها اگر چه سختی پنل MCM اندکی کمتر از پنل آلومینیومی بود ولی این پنل خواص مقاومت به فرورفتگی و ضربه‌پذیری بهتری نسبت به سه پنل دیگر از خود نشان داد. آزمایش‌های دیگر پنل MCM کاهش ۶۰ درصد وزن در مقایسه با ورق‌های فولادی است.

سبک‌سازی خودروها

با توجه به سیاست‌گذاری جدید کشورهای توسعه‌یافته به منظور کاهش مصرف سوخت و به دنبال آن کاهش وزن خودرو، تحقیق در زمینه سازه‌های ساندویچی سبک‌وزن بسیار مورد توجه کمپانی‌های خودروسازی واقع شده است به گونه‌ای که یکی از برنامه‌های اصلی و کلیدی آنها جهت دسترسی به میزان مصرف سوخت

¹ Metal- Composite- Metal

هدف گذاری شده (۳ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر)، استفاده و توسعه کاربرد مواد سبک وزن در خودروها است. برای دسترسی به خودروهایی با این میزان مصرف سوخت علاوه بر فعالیت هایی که در بهینه سازی موتور و طراحی و همچنین کاهش اتلاف انرژی انجام می شود، وزن کل خودرو نیز بایستی حدوداً ۴۰ درصد کاهش یابد تا دسترسی به هدف تعیین شده امکان پذیر گردد. برای رسیدن به هدف مذکور، برنامه کاهش وزن اجزای مختلف خودرو با توجه به خودرویی که هم اکنون تولید می شود در جدول یک ارائه شده است:

جدول یک: برنامه کاهش وزن اجزای مختلف خودروهای آینده

سیستم	وزن در خودروهای تولیدی (kg)	وزن در خودروهای آینده (kg)	درصد کاهش وزن
بدنه	۵۱۴/۴	۲۵۶/۷	۵۰
شاسی	۴۹۹/۴	۲۴۹/۵	۵۰
موتور	۳۹۳/۷	۳۵۴/۳	۱۰
سوخت	۶۲/۱	۲۸/۶	۵۵
وزن کل	۱۴۶۹/۶	۸۸۹/۱	۴۰

برای دسترسی به هدف فوق مواد مختلفی به عنوان جایگزین فولاد مطرح می باشند که عبارتند از: آلیاژهای آلومینیوم، کامپوزیت پایه پلیمری با الیاف شیشه، کامپوزیت پایه پلیمری با الیاف کربن، آلیاژهای منیزیم و آلیاژهای تیتانیوم و فولادهای استحکام بالا. یکی از موانع اصلی در انتخاب مواد جایگزین، برآورده ساختن نیازمندی و قیمت تمام شده خودرو می باشد. از بین موارد فوق، فولاد استحکام بالا که توسط موسسه آهن و فولاد آمریکا و شرکت های تولیدکننده فولاد معرفی شده است، می تواند حدود ۲۵ درصد کاهش وزن را به همراه کاهش قیمت ارائه نماید. استفاده از ورق ها و مقاطع آلومینیومی نیز، کاهش وزن مطلوب را برآورده ساخته و لیکن به میزان کمی موجب افزایش قیمت می شود که این افزایش قیمت ناشی از قیمت بالای مواد اولیه به دلیل فرایندهای تولید موجود می باشد. استفاده از کامپوزیت پایه پلیمری با الیاف شیشه به جای فولاد نیز حدوداً ۳۰ درصد کاهش وزن را ایجاد می نماید؛ و لیکن دارای مشکلات دیگری از قبیل ایمنی، پایداری تولید و بازیافت می باشد. استفاده از کامپوزیت پایه پلیمری با الیاف کربن موجب کاهش وزنی خیلی زیادی می گردد؛ ولیکن یکی از موانع اصلی و عمده در اعمال این جایگزین، قیمت تمام شده بسیار بالاتر آن در مقایسه

با سایر مواد می‌باشد. با توجه به مطالعات و بررسی‌های اعلام شده، استفاده از ورق‌ها و مقاطع آلومینیومی به جای فولاد برای تولید خودروها در حداقل یک دهه آینده مورد توجه قرار گرفته است. علت این انتخاب در مقایسه با سایر گزینه‌ها عبارتند از: امکان دسترسی به کاهش وزن تعیین شده، امکان دسترسی به قیمت پایین از طریق کاهش قیمت مواد اولیه، وجود اطلاعات جامعی از طراحی و ساخت قطعه از ورق‌های آلومینیومی، وجود شرکت‌های زیادی جهت تامین مواد اولیه و مواد نیمه‌ساخته، امکان استفاده از تجهیزات برشکاری موجود برای فولاد جهت تولید قطعات آلومینیومی بدون نیاز به اعمال تغییرات و اصلاحات، امکان بازیافت با درصد بالا و قیمت بالای مواد بازیافتی در مقایسه با سایر مواد. جایگزین بعدی مورد نظر، کامپوزیت پایه پلیمری با الیاف کربن می‌باشد. این ماده هنگامی می‌تواند به عنوان رقیب آلومینیوم مطرح شود که قیمت تولید الیاف کربن تقلیل یابد. با توجه به مطالعات و تحقیقاتی که در حال انجام می‌باشد این احتمال وجود دارد که در طی ۵ الی ۱۰ سال آینده این جایگزینی قابل اجرا گردد.

نتیجه‌گیری

بیشتر تصادفات منجر به مرگ عابر پیاده مربوط به برخورد سر به قسمت جلوی خودرو است که یکی از روش‌های جدید کاهش صدمات، تغییر جنس سازه و بدنه خودرو و جایگزین کردن پنل یک‌پارچه فلزی با پنل‌های چندلایه کامپوزیتی- فلزی مخصوصاً در قسمت درب موتور است. این امر باعث می‌شود میزان شتاب وارده بر سر عابر پیاده و در نتیجه میزان مرگ ناشی از تصادفات به نحو چشمگیری کاهش یابد. به‌کارگیری پنل‌های چندلایه در سازه و بدنه خودرو مزیت‌های دیگری، همچون افزایش جذب انرژی تصادف در این نوع پنل و کاهش صدمه به سرنشین خودرو و کاهش وزن و مصرف سوخت خودرو را به همراه دارد.

در گذشته آنچه در خودرو ارزش و اهمیت داشته، علاوه بر هزینه تولید سرعت، زیبایی بوده است. اما امروزه با توجه به مسائلی همچون هزینه‌های سنگین بیمه، جلوگیری از آلودگی محیط زیست و حفظ ذخایر انرژی، افزایش ایمنی سرنشین و عابر پیاده و کاهش مصرف سوخت در اولویت قرار گرفته است. به‌کارگیری پنل‌های

منابع

- [1] Asnafi, N. Langstedt, G. C. H. Andersson, N.O. stergren ,T. Hakansson,(2000), "A new lightweight metal-composite-metal panel for applications in the automotive and other industries ", Journal of Thin-Walled Structures 36.
- [2] Corus Research, (2002), "Dynamic dent test, Development & Technology Automotive Applications", MEP/02.
- [3] Davies R.G. and K.C. Clemo, (1997). "Study of Research into Pedestrian Protection Costs and Benefits" MIRA report no. 97-456502-01.
- [4] European Experimental Vehicles Committee, (November 1982). "Pedestrian Injury Accidents"Presented to the 9th ESV Conference, Kyoto.
- [5] European Experimental Vehicles Committee, (September 1984), "Cycle and Light-Powered Two-Wheeler Accidents" Presented at the 9th IRCOBI Conference, Delft.
- [6] European Experimental Vehicles Committee, (July 1985), "Pedestrian Injury Protection by Car Design" Presented to the 10th ESV Conference, Oxford.
- [7] Lawrence G.J.L. et al. (January 1991), "Development of a Bonnet Leading Edge Sub-SystemsTest to aAssess Protection for Pedestrians" TRRL report under Contract No. ETD/89/7750/M1/28 to the European Commission.
- [8] Matsui Y. Wittek A. and Konosu A. (2002), "Comparison of Pedestrian Subsystem Safety Tests Using Impactors and Full-Scale Dummy Tests", SAE Transactions Journal of Passenger Cars, Mechanical Systems Journal, Section 6 Vol. 111, pp. 1449-1464.
- [9] M.H. Shojaeefar, M.S. Kiasat, A. Najibi." Simulation and Design of a Composite Hood Duo to Fulfill the Requirement of Pedestrian Safety Standard" Thesis in Automotive Engineering IUST university.