

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته‌ی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

عنوان پایان نامه

کمانش پیش رونده دینامیکی در لوله‌های مخروطی جدار نازک حاوی فوم

تحت بار ضربه‌ای

استاد راهنما:

دکتر سعید فعلی

نگارش:

عرفان مخصوص

بهمن ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

تقدیم به

پدر، مادر و برادر عزیزم

تقدیر و سپاس

خداوند یکتا را شاکرم که توفیق انجام این پایاننامه را به اینجانب عطا فرمود. از پدر و مادر عزیزم که همواره با حمایتها و فداکاریهای بیدریغشان، مشوق اصلی بنده بوده‌اند سپاسگزاری میکنم. با سپاس و تشکر فراوان از زحمات استاد ارجمندم جناب آقای دکتر سعید فعلی که در این مدت با کمکها و رهنمودهایشان مشوق و همراه من در تهیه این پایان نامه بوده‌اند.

چکیده

استفاده از جاذب های انرژی امروزه در صنعت کاربرد وسیعی پیدا کرده است. این جاذب ها به صورت یک بار مصرف بوده و برخورد و ضربه ناشی از بار محوری را با ایجاد تغییر شکل پلاستیک و چروکیدگی در خود، جذب می کنند. جاذب ها اغلب به صورت استوانه ای یا مخروطی می باشند که به شکل های مختلفی مانند شیاردار یا پر شده با فوم طراحی و ساخته می شوند.

هدف از این پایان نامه مدل سازی تحلیلی و شبیه سازی عددی بارگذاری ضربه ای در جاذب های مخروطی پر شده با فوم می باشد، به نحوی که کماتش پیش رونده دینامیکی تحت بار ضربه ای در آنها بررسی شده است. در قسمت اول این پایان نامه، مدل تحلیلی جدیدی ارائه شده که نیروی متوسط فروریزش و میزان جذب انرژی در جاذب های حاوی فوم و به صورت شیاردار یا بدون شیار را به روش تحلیلی محاسبه می کند.

در قسمت دوم، شبیه سازی عددی از فروریزش پیش رونده دینامیکی در جاذب های انرژی مخروطی حاوی فوم با نرم افزار آباکوس صورت گرفته است. نتایج مدل تحلیلی با نتایج شبیه سازی عددی و نیز نتایج تجربی موجود مقایسه گردیده است.

در انتها اثر پارامتر های مختلف جاذب از جمله ضخامت دیواره، شیب مخروط، تعداد شیار، دانسیته فوم و جرم و سرعت ضربه زننده در میزان جذب انرژی جاذب مورد بررسی قرار گرفته است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱-۲-۱- جاذبه‌های انرژی له شونده ۲
- ۱-۲-۱-۱- جاذبه‌های انرژی چه هستند؟ ۲
- ۲-۲-۱-۲-۱- شکل جاذبه‌های انرژی ۵
- ۳-۱-۳-۱- بازده و کارایی یک جاذب انرژی ۹
- ۱-۳-۱-۱- مقطع‌های جدار نازک دایروی ۱۰
- ۲-۳-۱-۲-۱- مقطع‌های دایروی مخروطی ۱۱
- ۴-۱-۴-۱- معرفی اصطلاحات مورد استفاده در ادبیات موضوع ۱۱
- ۱-۴-۱-۱-۴-۱- منحنی نیرو-جابجایی محوری ۱۱
- ۲-۴-۱-۲-۴-۱- نیروی متوسط لهیدگی ۱۳
- ۳-۴-۱-۳-۴-۱- میزان جذب انرژی ۱۳
- ۴-۴-۱-۴-۴-۱- بیشینه طول لهیده شده ۱۳
- ۵-۴-۱-۵-۴-۱- طول موج لهیدگی ۱۴
- ۵-۱-۵-۱-۱- روش‌های طراحی و تحلیل ضربه گیرها ۱۴
- ۱-۵-۱-۱-۵-۱- روش تجربی ۱۴
- ۲-۵-۱-۲-۵-۱- روش‌های تحلیلی ۱۸
- ۳-۵-۱-۳-۵-۱- روش اجزاء محدود ۱۸
- ۶-۱-۶-۱-۱- آشنایی با فوم پلی اورتان ۱۹
- ۷-۱-۷-۱-۱- پیشینه موضوع تحقیق ۲۲
- ۸-۱-۸-۱-۱- تشریح مسئله و موضوع پایان نامه ۲۵

فصل دوم: مروری بر روش‌های تحلیل بار ضربه‌ای در جاذب‌های انرژی

۲۸	۱-۲-مقدمه
۲۸	۲-۲-مدل الکساندر
۲۸	۱-۲-۲-کمانش پیش رونده استاتیکی تحت بار محوری
۳۲	۲-۲-۲-کمانش پیش رونده دینامیکی تحت بار محوری
۳۴	۳-۲-مدل ویرزیبکی با لولای ثابت برای تحلیل فروریزش مقطع‌های استوانه‌های تحت بار محوری
۳۷	۴-۲-مدل تحلیلی شبیه سازی فروریزش مخروط بدون شیار تحت بار محوری
۴۰	۵-۲-استوانه شیاردار تحت بار محوری

فصل سوم: مدل تحلیلی جدید

۴۵	۱-۳-مقدمه
۴۵	۲-۳-بررسی مدل تحلیلی جدید
۴۶	۱-۲-۳-مرحله اول جذب انرژی (تغییر شکل الاستیک جاذب)
۴۹	۲-۲-۳-مرحله دوم جذب انرژی (فروریزش پلاستیک جاذب)
۵۳	۳-۲-۳-انرژی جذب شده توسط فوم
۵۴	۴-۲-۳-اثرات نرخ کرنش

فصل چهارم: شبیه سازی عددی جاذب مخروطی با نرم افزار اجزاء محدود آباکوس

۵۹	۱-۴-مقدمه
۵۹	۲-۴-تاریخچه:
۶۰	۳-۴-روش مدل سازی جاذب مخروطی در نرم افزار ABAQUS
۶۰	۱-۳-۴-مدل سازی هندسی نمونه‌ها
۶۲	۲-۳-۴-مدل سازی رفتار ماده
۶۳	۳-۳-۴-مونتاژ نمودن قطعات

۶۴	.....۴-۳-۴-تعیین روش تحلیل مسئله
۶۵	.....۵-۳-۴-تعیین پارامتر های خروجی مسئله
۶۵	.....۶-۳-۴-تعریف تماس
۶۶	.....۷-۳-۴-اعمال شرایط مرزی
۶۶	.....۸-۳-۴-اعمال نیروی ضربه زننده
۶۷	.....۹-۳-۴-مش بندی مدل
۶۸	.....۱۰-۳-۴-اجرای شبیه سازی و مشاهده نتایج

فصل پنجم: نتایج و بحث

۷۲	.....۱-۵-مقدمه
۷۲	.....۲-۵-صحه گذاری مدل تحلیلی
۷۲	.....۱-۲-۵-مقایسه اول نتایج
۷۴	.....۲-۲-۵-مقایسه دوم نتایج
۷۵	.....۳-۲-۵-مقایسه سوم نتایج
۷۷	.....۴-۲-۵-مقایسه چهارم نتایج
۷۸	.....۳-۵-بررسی پارامتریک جاذب مخروطی شیاردار حاوی فوم
۸۰	.....۱-۳-۵-بررسی اثر شیب جداره مخروط
۸۲	.....۲-۳-۵-بررسی اثر تغییر ضخامت جداره مخروط
۸۵	.....۳-۳-۵-بررسی اثر تعداد شیارهای محیطی مخروط
۸۷	.....۴-۳-۵-بررسی اثر دانسیته فوم پر کننده هسته مخروط
۹۰	.....۵-۳-۵-بررسی اثر جرم ضربه زننده
۹۲	.....۶-۳-۵-بررسی اثر سرعت ضربه زننده
۹۵	.....۴-۵-جمع بندی نتایج
۹۶	.....۱-۴-۵-بررسی اثر زاویه مخروط بر جذب انرژی جاذب

۹۷.....۲-۴-۵-بررسی اثر ضخامت دیواره مخروط بر جذب انرژی جاذب

۹۸.....۳-۴-۵-بررسی اثر تعداد شیار محیطی مخروط بر جذب انرژی جاذب

۹۹.....۴-۴-۵-بررسی اثر تغییر دانسیته فوم بر جذب انرژی جاذب

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۱۰۱.....۱-۶-نتیجه گیری

۱۰۲.....۲-۶-پیشنهادها

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: کاربرد جاذب لوله ای فلزی به عنوان جاذب انرژی در ترن و خودرو.....	۴
شکل ۱-۲: کاربرد جاذب مربعی به عنوان جاذب انرژی در سپر خودرو.....	۴
شکل ۱-۳: نمایی از مدل سازی جاذب‌ها در سپر خودرو.....	۴
شکل ۱-۴: وارونگی رو به بیرون در اثر بار محوری وارده [۱].....	۷
شکل ۱-۵: فروریزش با الگوی شکافته شدن.....	۷
شکل ۱-۶: فرورفتگی جانبی تیوب با تکیه‌گاه ساده [۱].....	۸
شکل ۱-۷: فروریزش با صاف شدگی جانبی.....	۸
شکل ۱-۸: لهیدگی محوری ستون‌های جدار نازک دایروی (چپ) و مربعی (راست).....	۹
شکل ۱-۹: بارگذاری محوری روی یک ستون جدار نازک مربعی با ضخامت h طول L و پهنای C	۱۲
شکل ۱-۱۰: دو نمونه از دستگاه‌های آزمایش شبه استاتیک.....	۱۵
شکل ۱-۱۱: شماتیکی از دستگاه Drop mass.....	۱۶
شکل ۱-۱۲: نمایی از دستگاه اعمال ضربه.....	۱۶
شکل ۱-۱۳: شبیه سازی دستگاه Drop mass.....	۱۷
شکل ۱-۱۴: آزمون تصادف برای لوکوموتیوها.....	۱۷
شکل ۱-۱۵: شبیه سازی عددی برخورد لوکوموتیوها.....	۱۹
شکل ۱-۱۶: یک نمونه از فوم با مقطع برش خورده پس از افزایش حجم.....	۲۰
شکل ۱-۱۷: یک نمونه نمودار تنش کرنش فوم پلی اورتان [۳].....	۲۱
شکل ۲-۱: مدل ارایه شده توسط الکساندر [۵].....	۲۹
شکل ۲-۲: ناحیه فرو ریزش گذرا و المان SE [۲۲].....	۳۴
شکل ۲-۳: شکل سالم، تغییر شکل جزئی و تغییر شکل کامل المان SE [۲۲].....	۳۵
شکل ۲-۴: مراحل تغییر شکل چند المان SE [۲۰].....	۳۵
شکل ۲-۵: منطقه گذار فرو ریزش مدل شده با دو المان خطی و لولاهای ثابت [۲۰].....	۳۶

- شکل ۲-۵: پارامترهای استفاده شده در روابط تحلیل مخروطها [۲۵]..... ۳۷
- شکل ۲-۶: پارامترهای استفاده شده در تحلیل استوانه شیاردار..... ۴۰
- شکل ۳-۱: شماتیک مخروط شیاردار حاوی فوم تحت بار ضربه‌ای..... ۴۵
- شکل ۳-۲: جاذب شیاردار تحت اعمال ضربه..... ۴۷
- شکل ۳-۳: دیواره مخروط شیاردار در حال فروریزش..... ۵۰
- شکل ۳-۴: پارامترهای هندسی مورد استفاده..... ۵۲
- شکل ۳-۵: فلوجارت برنامه نوشته شده در نرم افزار متلب..... ۵۷
- شکل ۴-۱: ساخت مدل در نرم افزار..... ۶۱
- شکل ۴-۲: صفحه صلب و جاذب شیاردار مدل شده..... ۶۲
- شکل ۴-۳: مدل سازی فوم مطابق با فضای خالی درون مخروط..... ۶۲
- شکل ۴-۴: اعمال خواص به مدل‌ها..... ۶۳
- شکل ۴-۵: نحوه مونتاژ مخروط و هسته فوم درون آن و صفحات..... ۶۴
- شکل ۴-۶: تعیین مراحل تحلیل مدل..... ۶۵
- شکل ۴-۷: تعریف خصوصیات تماس سطوح..... ۶۶
- شکل ۴-۸: مش بندی مدل..... ۶۷
- شکل ۴-۹: نمایی از مدل شبکه بندی شده..... ۶۸
- شکل ۴-۱۰: شروع فروریزش مدل نهایی..... ۶۹
- شکل ۴-۱۱: نمایی از جاذبی که بیش از نیمی از آن فروریزش کرده است..... ۶۹
- شکل ۴-۱۲: نمونه‌ای از نمودار نیرو بر حسب زمان در خروجی نرم افزار آباکوس..... ۷۰
- شکل ۵-۱: نمودار نیرو - جابجایی برای جاذب مخروطی بدون شیار تو خالی و مقایسه نتایج مدل تحلیلی با نتایج آزمایش تجربی [۱۵] و شبیه سازی عددی با آباکوس..... ۷۳
- شکل ۵-۲: نمودار نیرو - جابجایی برای جاذب مخروطی بدون شیار حاوی فوم و مقایسه نتایج مدل تحلیلی با نتایج شبیه سازی مرجع [۲۴] و شبیه سازی عددی با آباکوس..... ۷۴
- شکل ۵-۳: مشخصات شیار ایجاد شده در بدنه مخروط..... ۷۶

- شکل ۴-۵: نمودار نیرو بر حسب جابجایی برای جاذب مخروطی بدون شیار تو خالی [۱۵] و جاذب شیاردار (۷ شیار) به روش تحلیلی و شبیه سازی عددی با آباکوس ۷۶
- شکل ۵-۵: نمودار نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب و مقایسه مدل سازی تحلیلی و شبیه سازی با نرم افزار آباکوس ۷۸
- شکل ۶-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E1 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۰
- شکل ۷-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E2 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۱
- شکل ۸-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E3 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۱
- شکل ۹-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E4 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۳
- شکل ۱۰-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E5 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۳
- شکل ۱۱-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E6 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۴
- شکل ۱۲-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E7 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۵
- شکل ۱۳-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E8 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۶
- شکل ۱۴-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E9 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۶
- شکل ۱۵-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E10 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۸
- شکل ۱۶-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E11 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۸
- شکل ۱۷-۵: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E12 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۸۹

- شکل ۵-۱۸: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E13 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۹۰
- شکل ۵-۱۹: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E14 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۹۱
- شکل ۵-۲۰: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E15 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۹۱
- شکل ۵-۲۱: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E16 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۹۳
- شکل ۵-۲۲: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E17 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۹۳
- شکل ۵-۲۳: منحنی نیروی فروریزش بر حسب تغییر مکان جاذب در مدل E18 و مقایسه نتایج مدل تحلیلی و شبیه سازی با آباکوس ۹۴
- شکل ۵-۲۴: اثر تغییر زاویه مخروط بر انرژی قابل جذب ۹۷
- شکل ۵-۲۵: اثر تغییر ضخامت دیواره مخروط بر انرژی قابل جذب ۹۸
- شکل ۵-۲۶: اثر تعداد شیار محیطی مخروط بر انرژی قابل جذب ۹۸
- شکل ۵-۲۹: اثر تغییر چگالی فوم بر انرژی قابل جذب ۹۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱: خواص مکانیکی چند نوع فوم [۳].....	۲۱
جدول ۱-۵: خواص مکانیکی فولاد مورد استفاده.....	۷۳
جدول ۲-۵: مقایسه نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی با نتایج مرجع [۲۴] و شبیه سازی با آباکوس.....	۷۵
جدول ۳-۵: مقایسه نیروی کماتش اولیه و نیروی متوسط فروریزش جاذب مخروطی شیاردار و بدون شیار در شبیه سازی عددی با آباکوس.....	۷۷
جدول ۴-۵: ۱۸ مدل ارایه شده جهت بررسی پارامتریک جاذب.....	۷۹
جدول ۴-۵: مقادیر نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی و شبیه سازی عددی در مدل های E1 تا E3.....	۸۲
جدول ۵-۶: مقادیر نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی و شبیه سازی عددی در مدل های E4 تا E6.....	۸۴
جدول ۵-۷: مقادیر نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی و شبیه سازی عددی در مدل های E7 تا E9.....	۸۷
جدول ۵-۸: مقادیر نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی و شبیه سازی عددی در مدل های E10 تا E12.....	۸۹
جدول ۵-۹: مقادیر نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی و شبیه سازی عددی در مدل های E13 تا E15.....	۹۲
جدول ۵-۱۰: مقادیر نیروی متوسط فروریزش مدل تحلیلی و شبیه سازی عددی در مدل های E16 تا E18.....	۹۴
جدول ۵-۱۱: جمع بندی و نتیجه گیری از پاسخ ۱۸ مدل بررسی شده.....	۹۶

فصل اول

مقدمه

جاذب‌های انرژی، قطعات مکانیکی هستند که در زمان اعمال نیروی ناخواسته به دستگاه یا سیستم، با جذب این انرژی از آسیب رسیدن به سایر قسمت‌ها جلوگیری می‌کنند. روش معمول جذب انرژی در جاذب‌ها تغییر شکل پلاستیک و مچالگی است. جاذب‌ها انواع مختلفی دارند که از جمله متداول‌ترین آن‌ها جاذب‌های لوله ای است. پارامترهای مختلفی در طراحی یک جاذب مورد توجه قرار می‌گیرند از جمله میزان فضای مورد نیاز، هزینه ساخت و در مقابل میزان و چگونگی جذب انرژی در حین فروریزش در آن‌ها. با توجه به پارامترهای مختلف موثر در کارآیی یک جاذب و نقش مهم جاذب‌ها در جلوگیری از ایجاد خسارت مالی و یا جانی، همواره سعی شده تا کارآیی آن‌ها بهبود داده شود.

۱-۲- جاذب‌های انرژی له شونده^۱

جاذب‌های انرژی دارای شکل‌هایی مانند لوله‌های دایروی و مخروطی، ستون‌های جدار نازک مربعی، هرم-های ناقص، ستون‌های حائل^۲، هانی کامب‌ها، و صفحات ساندویچی می‌باشند.

۱-۲-۱- جاذب‌های انرژی چه هستند؟

امروزه در اکثر زمینه‌ها یکی از اهداف اصلی افزایش سرعت کارهاست. به گونه‌ای که تمام تلاش‌ها معطوف به افزایش سرعت اتومبیل‌ها، ترن‌های هوایی، موشک‌ها و هواپیماها، کشتی‌ها و شده است. اما چنانکه می‌دانیم، این تنها صورت زیبا و مفید این پدیده است ولی افزایش سرعت می‌تواند خسارات و تلفات جانی و مالی فراوانی به دنبال داشته باشد، این مسایل موجب شده است که در کنار افزایش سرعت وسایل نقلیه راه‌هایی برای افزایش ایمنی و سلامتی در آن‌ها در نظر گرفته شود.

اهمیت این موضوع سبب شد تا پدیده برخورد، بیش از پیش مورد توجه محققان و مهندسان قرار گیرد. اما دانشمندان، برخورد را از دو دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. در دیدگاه اول که معمولاً اهداف نظامی را شامل می‌شوند، عمده تلاش‌ها برای به حداکثر رساندن قدرت تخریب در جریان برخورد می‌باشد. در دیدگاه دوم، سعی می‌شود تا خسارات ناشی از برخورد را به حداقل ممکن برساند. مؤسسات و

¹ Collapsible energy absorber

² Strut

شرکت‌های زیادی نیز در این زمینه پیش قدم شده و روش‌های مختلفی را برای بررسی این موضوع ارائه کرده‌اند.

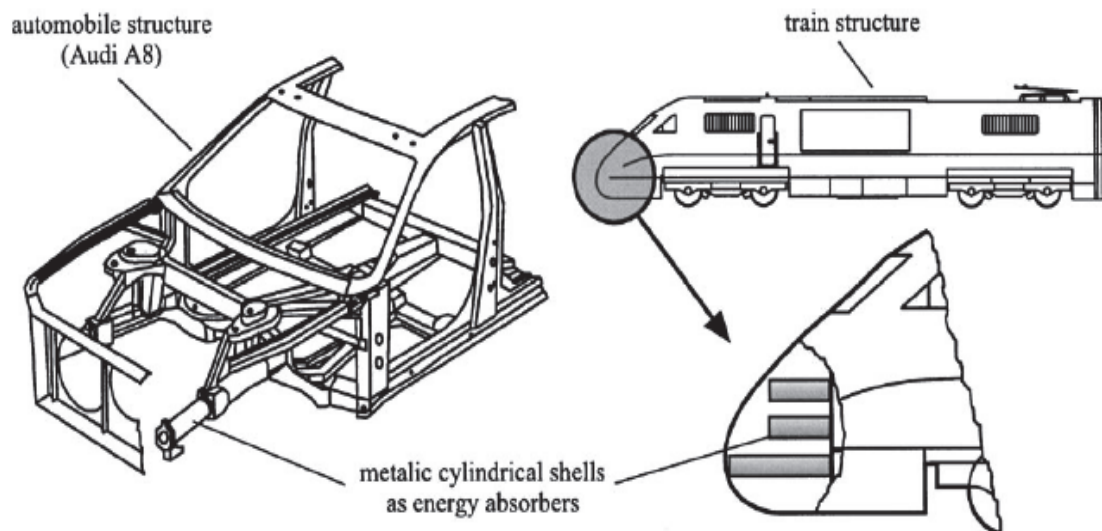
دستگاه‌های جاذب انرژی یا ضربه گیرها بسیار گوناگون هستند و از طریق مکانیزم‌های مختلفی نظیر سایش، برش، خمش، پیچش، کشش، تغییر شکل دوره‌ای پلاستیکی، برش فلزات، اکستروژن، جریان مایع و غیره، انرژی برخورد را مستهلک می‌نمایند.

مکانیزم‌های مذکور در بالا را می‌توان به دو دسته کلی بازگشت پذیر مانند جریان سیال در دمپر هیدرولیک و بازگشت نا پذیر مانند تغییر شکل پلاستیک ستون‌های عمودی خودرو در برخورد مستقیم تقسیم کرد که دسته اول در برخورد با انرژی کم (احتمال آسیب دیدن سازه یا آزار سرنشین) و دسته دوم در برخورد با انرژی بالا (احتمال خرابی جدی سازه و یا خطر جانی برای انسان) کاربرد دارند.

یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین جاذب‌های انرژی در صنعت، جاذب‌های انرژی فرو ریزنده^۱ هستند که در زمره جاذب‌های برگشت ناپذیر تقسیم بندی می‌گردند. این ضربه گیرها با فروریزش خود در برابر ضربه محوری و تبدیل انرژی جنبشی ضربه به کار پلاستیک انرژی ضربه را مستهلک می‌نمایند. این نوع جاذب‌های انرژی از جمله ضربه گیرهای بازگشت ناپذیری هستند که در سیستم‌های حمل و نقل (آسانسور، اتومبیل، هلیکوپتر، هواپیما و کشتی)، موانع نگهدارنده، راکتورهای اتمی (حمل مواد، حفاظت مخازن) و سازه‌های ساحلی (تماس کشتی با اسکله و بارگیری) و غیره کاربرد دارند. ظرفیت جذب انرژی جاذب‌های لوله ای فلزی هنگامی که در برابر بارهای محوری قرار می‌گیرند بسیار بالا است. به عبارتی دیگر این لوله‌ها با وجود وزن کمی که دارند از مقاومت بالایی در برابر بارهای محوری برخوردار هستند. این ویژگی سبب شده است که از این لوله‌ها به عنوان جاذب انرژی در سازه‌هایی مانند خودروها و ترن‌ها و غیره در سطح وسیعی استفاده گردد تا این که صدمات وارده به انسان و خرابی سازه‌ها در برابر بارهای محوری احتمالی تا حد ممکن کاهش یابد. نمونه‌ای از کاربردهای لوله‌های فلزی در خودرو و ترن‌ها در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

همچنین در شکل ۱-۲ یک نمونه ساده از جاذب مربعی در سپر عقب یک خودرو نشان داده شده است و در شکل ۱-۳ نیز نمایی از مدل سازی نرم افزاری جاذب‌های تعبیه شده در سپر جلو یک خودرو قابل مشاهده است.

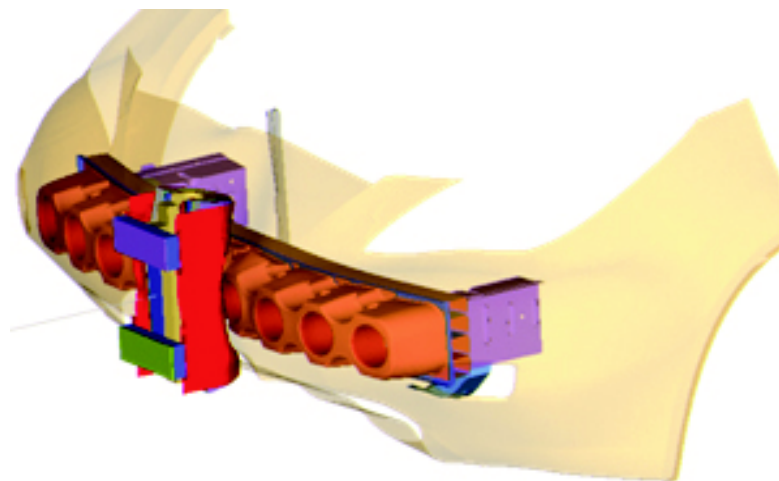
^۱ Progressive



شکل ۱-۱: کاربرد جاذب لوله ای فلزی به عنوان جاذب انرژی در قطار و خودرو



شکل ۱-۲: کاربرد جاذب مربعی به عنوان جاذب انرژی در سپر خودرو



شکل ۱-۳: نمایی از مدل سازی جاذبها در سپر خودرو

در طول نیمه دوم قرن گذشته بسیاری از مسایل مهندسی ضربه دربارہ پاسخ دینامیکی سازه‌ها در محدوده پلاستیک بوده است. این کار برای رسیدن به یک حالت بهتر از الگوهای شکست و شیوه‌های اتلاف انرژی

در طول فرآیند ضربه مفید واقع شده است و اطلاعات حاصل از این قبیل مسایل در جهت توانایی ساخت سازه‌های امن تر و در نتیجه کاهش تلفات جانی و مالی مورد استفاده قرار گرفته است.

یک جاذب انرژی سیستمی است که کل یا قسمتی از انرژی جنبشی را به دیگر شکل‌های انرژی تبدیل می‌کند. انرژی تبدیل شده مانند انرژی فشار در سیالات قابل تراکم و انرژی کرنش الاستیک در جامدات قابل بازیافت است و یا مانند انرژی تغییر شکل پلاستیک غیر قابل بازیافت است. انرژی تلف شده در تغییر شکل پلاستیک در جاذب‌های فلزی در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

وقتی یک جاذب انرژی له شونده طراحی می‌شود، یکی از اهداف عمده در طراحی این است که بیشترین انرژی ضربه با ابزار جاذب گرفته شود و کمترین حد از انرژی ضربه منتقل شود که این خود باعث کاهش صدمات جانی و مالی می‌شود. تغییر انرژی جنبشی در اثر تغییر شکل پلاستیک، به بزرگی، شیوه کاربرد بارها، تغییر شکل‌ها یا تغییر مکان نمونه‌ها و خواص ماده بستگی دارد.

۱-۲-۲ شکل جاذب‌های انرژی

انواع متعددی از جاذب‌های انرژی له شونده تحت بار محوری وجود دارند که در منابع مختلف از آن‌ها نام برده شده است. در این قسمت معمول‌ترین و کاربردی‌ترین شکل‌های مختلف جاذب معرفی می‌شود: لوله‌ها^۱؛ لوله‌های نازک شکل‌های گسترده‌ای از جاذب‌های انرژی ضربه‌ای له شونده را ارائه می‌کنند. ستون‌های جدار نازک مربعی^۲؛ ستون‌های جدار نازک با مقطع‌های مربعی نیز مانند لوله‌ها از تنوع اندازه و همچنین الگوهای مختلف تغییر شکل برخوردارند. مخروط‌های ناقص^۳؛ محدوده کاربرد وسیعی دارند و وقتی به صورت محوری لهیده می‌شوند رفتار پایداری از خود نشان می‌دهند.

صفحات ساندویچی^۴؛ سازه‌های ساندویچی مورد استفاده وسیعی در ابزارهای مختلف دارند. آن‌ها به طور معمول در وسایل نقلیه مانند هواپیما، قطار، کشتی، اتومبیل و همچنین در ساختمان سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک سازه ساندویچی از یک هسته با یک پوسته متصل به هر طرف ساخته می‌شود و مانند یک تیر I شکل می‌باشد که هسته نشان دهنده جان تیر و پوسته نشان دهنده فلانج‌ها یا بال تیر می‌باشند.

¹ Tube

² Square Thin-Walled Column

³ Conical tube

⁴ Sandwich Plate