

راهنمای طراحی
میراگرهای ویسکوز
همراه با راهنمای مدلسازی
و طراحی در
ETABS

Douglas Taylor
Alan Klembczyk
Mark Berquist
Richard Deoasquale
Sean Frye
David Lee
John Metzger
Robert Schneider
Craig Winters
Amir Gilani
Chris Smith

مترجمین:

مهندس علیرضا صالحین و امیررضا آبی

تقدیم نامه:

تقدیم به خودم...

به پاس تمام زحماتی که کشیدم

تمام هزینه هایی که کردم

تمام مایه هایی که گذاشتم

تمام شب بی خوابی هایی که کشیدم

و هیچ کس و ارگانی، حتی یک تشکر خشک و خالی هم در قبال آنها نکرد....

مهندس علیرضا صالحین

زمستان 1398

تقدیم به روح پدرم که همیشه راه درست زندگی کردن و انسانیت را به من آموخت...

و تقدیم به مادر مهربانم، که در تمام لحظات زندگی، محبت بی کران و خالصانه ترین

زحمات را در حق من ارزانی داشته است...

مهندس امیررضا آبی

زمستان 1398

فهرست مطالب

صفحه 5	مقدمه نویسنده
صفحه 7	مقدمه مترجمان
صفحه 8	فصل 1: مقدمه
صفحه 10	فصل 2: تجهیزات میرایی مایع (ویسکوز)
صفحه 18	فصل 3: توضیحات طراحی میراگرها
صفحه 21	فصل 4: مشخصات خروجی میراگر و مزایای منحصر به فرد آن
صفحه 25	فصل 5: اثرات کلی اضافه کردن میراگرهای مایع به یک سازه
صفحه 32	فصل 6: چیدمان قرارگیری میراگر
صفحه 39	فصل 7: طراحی و تحلیل سازه‌های ساختمانی با میراگرهای ویسکوز
صفحه 108	فصل 8: عملکرد میراگرهای مایع در مقابل فناوری‌های دیگر
صفحه 113	فصل 9: روند معمول برای ترکیب کردن میراگرها با ساختمان‌ها
صفحه 121	فصل 10: نصب و سوار نمودن میراگر
صفحه 127	فصل 11: اندازه‌ها و ابعاد در دسترس (بروشور اطلاعات فنی)
صفحه 130	فصل 12: برخی سوالات و پاسخ‌های متداول
صفحه 134	فصل 13: حالات ترکیب میراگر ویسکوز با چیدمان‌های مختلف
صفحه 141	فصل 14: نمونه دفترچه راهنمای فنی
صفحه 151	فصل 15: مجموعه عکس‌های رنگی

مقدمه نویسنده

در طول سی سال گذشته یا کمی بیشتر، من از فرصت منحصر به فردی برخوردار بوده‌ام و افتخار کار کردن در شرکت دستگاه‌های تیلور¹ را داشته‌ام. در طول این مدت، شاهد پیشرفت قابل توجهی در شرکت، محصولات، مشتریان و فرهنگ آن بوده‌ام.

از اوایل 1990 میلادی تا نیمه آن، فرصت داشتیم تا برخی از طراحی‌های جدید و قدیمی‌مان را برای استفاده در سازه‌ها تطبیق دهیم تا مقاومت لرزه‌ای بهتری را فراهم آورند. بر اساس نتایج نمونه‌های آزمایشگاهی، مطالعات تحلیلی و عملکرد میدانی در هنگام رویدادهای بادی و لرزه‌ای، این فناوری خود گویای همه چیز بوده و پیشرفت چشمگیری در کنترل سازه‌ای از خود نشان داده است. در حقیقت، میراگرهای مایع (ویسکوز) بدون افزایش قابل ملاحظه در هزینه یا حتی بدون هیچ هزینه‌ای، تغییرشکل، تنش و شتاب را به صورت همزمان کاهش می‌دهند.

مشاهده تأثیر شگرفی که مقدار نسبتاً کمی از میرایی می‌تواند بر عملکرد یک سازه در هنگام رویدادهای دینامیکی داشته باشد، بسیار حیرت‌انگیز است. با این وجود، برای من نیز تعجب‌آور است که شاهد استفاده از محصولات و فناوری‌های سطح پایین برای بهبود عملکرد هستیم، هنگامی که طرح‌های به خوبی اثبات شده‌ای هم اکنون وجود دارند. هنگام در نظر گرفتن استفاده از یک مؤلفه بالقوه نجات دهنده‌ی زندگی، می‌خواهم به مردم یادآوری کنم که آنچه برای استفاده در بخش نظامی و هوافضای ایالات متحده قابل قبول است، بایستی برای نجات جان افراد نیز مناسب باشد. توجه به این نکته ضروری است که میراگرهای مایع به یک سازه اجازه می‌دهند پس از یک رویداد بزرگ به وضعیت اولیه خود بازگردند (برعکس برخی میراگرهای تسلیم شونده سنتی - مترجم). تخریب یک سازه یا جایگزینی المان‌های جذب کننده انرژی پس از یک رویداد با هزینه‌های زیاد، واقعاً ضروری نمی‌باشد.

از آنجایی که مهندسان سازه اکنون از مرحله شروع در به خدمت گرفتن میراگرهای مایع در سازه‌ها برای کنترل لرزه‌ای پیشرفت نموده‌اند، احساس می‌کنم ما وظیفه داریم تا مزایای آن را با بیشترین تعداد افراد تأثیرگذار مربوطه به اشتراک بگذاریم. در نقش مدیران، مهندسان یا دانشگاهیان، ما وظیفه داریم تا با دانشی که به دست آورده‌ایم، بشریت را به سمت جلو پیش ببریم. با این وجود، ما همیشه باید این کار را با بالاترین استانداردهای صداقت و درستی انجام دهیم، ضمن اینکه یکدیگر را بدون در نظر گرفتن طراحی نهایی یک سازه، در بالاترین استانداردها نگه می‌داریم.

به همین دلیل و دلایل بسیار دیگری، من از تمامی خوانندگانمان تقاضا می‌کنم که این دانش را به اشتراک بگذارند، ضمن درک اینکه ما در واقع سطح بالایی از مسئولیت را به اشتراک می‌گذاریم تا با کمک به نجات جان انسان‌ها در صورت اتفاق پدیده‌های طبیعی که کنترل کمی بر آن‌ها داریم، زمین را به جای بهتری تبدیل کنیم.

این دفترچه راهنمای میراگر تلاش دارد تا اهداف مشترکمان را لحاظ کند، در حالی که تصدیق می‌کند که همه ما انتخاب‌های مهمی برای انجام داریم. شرکت تجهیزات میرایی تیلور همیشه در دسترس بوده تا در

¹ Tylor Devices, Inc.

6 | راهنمای طراحی ویسکوز همراه با راهنمای مدلسازی و طراحی در Etabs

انتخاب درست به شما کمک کنند. ما ارزش و شایستگی محصولات خود را می‌دانیم. ما محصولات و خودمان را در بالاترین کیفیت استاندارد نگه می‌داریم. علاوه بر این، این دفترچه راهنما قصد ندارد میراگرهای مایع را به عنوان کالاهای ساده معرفی نماید و بنابراین ترغیب به استفاده از فرایندها یا محصولات نامرغوب نمی‌کند. اگرچه این فناوری خود را اثبات کرده است، اما فرایند و محصولات همیشه باید در بالاترین حد استاندارد نگه داشته شوند. شرکت تجهیزات میرایی تیلور این مسئولیت مهم را تصدیق و تأیید می‌نماید.

Alan Klembczyk
President, Taylor Devices, Inc.

مقدمه مترجمان

با حمد و سپاس فراوان بر درگاه ایزد منان، این اثر نیز در زمان نسبتاً کوتاهی ترجمه، ویرایش و به چاپ رسید. این کتاب از سری کتاب های خط شکن در زمینه کنترل ارتعاشات، میراگرهای انرژی و تکنولوژی های نوین ساختمانی می باشد. این کتاب برگرفته از هندبوک راهنمای طراحی شرکت Taylor می باشد که معتبرترین و سرآمد تولیدکنندگان میراگرهای ویسکوز در دنیا می باشد. علاوه بر اثر مذکور کاتالوگ و راهنمای طراحی میراگر دیوار برشی ویسکوز نیز به پیوست این کتاب در آمده است. حقیقتاً در دنیای فنی و تخصصی امروز چه برای طراحان، چه برای محققین و علاقه مندان جای اینچنین کتاب های تخصصی که بر روی مطالب تخصصی هر میراگر ریزشده و به بیان جزییات فنی آنها بپردازند، خالیست. در ضمن ترجمه این کتاب، به مانند خط شکنی های که پیش از این نیز انجام شده است، معادل سازی های زیادی انجام گرفته است که مطمئناً ممکن است مطابق میل و سلیقه برخی از مخاطبین محترم نباشد، بنابراین در پاورقی هر صفحه اصل کلمه لاتین نیز قید شده است. کتاب اصلی شامل جداول و برخی نمودارها و ... بوده است که به دلیل گرانی کاغذ و هزینه های چاپ و افزایش توان خرید علاقه مندان، آن موارد را حذف نموده ایم و به مانند همیشه قابلیت دانلود آنها از کانال جداساز <https://t.me/seismicisolation> وجود دارد. کانال مذکور علاوه بر ارائه به روزترین اطلاعات مهندسی عمران شامل نرم افزارها و کلیپ های آموزشی، از جمله کلیپ های مدلسازی میراگرها و جداسازها می باشد و مخاطبین عزیز می توانند به رایگان از مطالب آن بهره ببرند.

هیچ اثری خالی از خطا و اشتباه نیست، خواهشمند است که کلیه نظرات، شامل انتقادات و پیشنهادات خود را از طریق ایمیل alirezasahehin@gmail.com با ما در میان بگذارید. در پایان لازم میدانم از زحمات و لطف مهندس آبی عزیز که با وسواس و حوصله مثال زدنی در ترجمه این اثر سنگ تمام گذاشتند تشکر نمایم که حقیقتاً هیچ هزینه مادی زحمات ایشان را جبران نخواهد کرد، چرا که عشق و علاقه قلبی قابل خرید و فروش نمی باشد.

فصل 1: مقدمه

پایان جنگ سرد در سال 1990 میلادی، پیام‌آور یک دوره بازسازی برای صنعت نظامی و دفاعی آمریکا بود. یکی از نتایج این عصر جدید آن بود که تحولات سیاسی و اقتصادی اجازه می‌داد تا فناوری‌های محدود شده پیش از این، در دسترس عموم قرار گیرد. این تبدیل فناوری دفاعی به صورت ظاهر شدن ناگهانی و به نظر غیرمنتظره محصولات و خدمات بسیار پیشرفته‌ای در بازار، خود را نشان داد. شاید از معروف‌ترین آن‌ها در حال حاضر اینترنت است، که در حقیقت برگرفته از فناوری دفاعی سال 1970 است که برای استفاده توسط سازمان‌های دولتی در صورت وقوع جنگ هسته‌ای در نظر گرفته شده بود. در زمینه مهندسی عمران، میراگرهای مایع با ظرفیت بالا از سازه‌های مرتبط با پدافند به کاربردهای تجاری برای ساختمان‌ها و پل‌های در معرض تهییج‌های لرزه‌ای و/یا طوفان و بادهای سهمگین، انتقال یافته‌اند. از آنجا که فناوری میرایی مایع در طی چندین دهه استفاده در جنگ سرد نشان داده شد که کاملاً قابل اعتماد، قوی و نیرومند هستند، اجرای آن‌ها بر روی سازه‌های تجاری بسیار سریع اتفاق افتاد.

در واقع، در طول 30 سال گذشته، استفاده از انواع تجهیزات میرایی الحاقی در سازه‌ها به عنوان ابزاری مفید، قابل اعتماد و قابل پیش بینی در بهبود قابل ملاحظه مقاومت سازه‌ها در برابر یک ورودی دینامیکی ظاهر شده است. تحقیقات و آزمایش‌های زیادی انجام شده است که مزایای ترکیب کردن دستگاه‌های میرایی الحاقی با سازه‌ها را تأیید می‌نماید. میراگرهای ویسکوز مایع خطی و غیرخطی همچنان عملکرد بسیار خوبی در کاهش تغییرشکل، پاسخ شتاب، تغییرمکان جانبی نسبی بین طبقه‌ای و تنش نشان می‌دهند. طرح‌های دستگاه میرایی که در طی چند دهه استفاده به خوبی اثبات شده‌اند، در پیکربندی‌هایی در دسترس هستند که نیروهایی را فراهم می‌آورند که به سرعت ورودی، تغییرشکل یا ترکیبی از آن‌ها، وابسته هستند.

اگرچه آیین‌نامه‌های مختلف ساختمان در سراسر جهان پدید آمده‌اند که به روش‌ها و الزامات پاسخ سازه‌ها در هنگام استفاده از تجهیزات میرایی می‌پردازند، اما این آیین‌نامه‌ها مقایسه‌ای کلی از مقاومت بهبود یافته را که به واسطه استفاده از آن‌ها تحقق می‌یابد، در اختیار نمی‌گذارند. مفهوم میرایی در یک سیستم سازه‌ای می‌تواند در رشته‌های مختلف مهندسی دارای معانی مختلفی باشد. برای مهندسان عمران، میرایی می‌تواند به معنای یک یادداشت مرجع روی نمودار طیف لرزه‌ای یا باد باشد، "طیف‌های با میرایی 5%" رایج‌ترین نمادگذاری هستند. برای مهندسان سازه، میرایی به معنای تغییر در تنش کلی در یک سازه‌ی در معرض لرزش ناگهانی شدید¹ و ارتعاش است، با بحث‌های همیشگی درباره اینکه یک سازه دارای میرایی سازه‌ای 2%، 3%، 4% اما نه بیشتر از 5% می‌باشد. از طرف دیگر، مهندسان مکانیک لزوماً میرایی را به عنوان یک ویژگی خوب نمی‌بینند، زیرا ماشین‌ها طبق تعریف، قرار است نیروها و حرکات را به طور مؤثر و بدون از دست دادن انرژی منتقل کنند. بنابراین، نیاز به میرایی در ماشین اغلب نشان می‌دهد که یک خطای طراحی مهندسی انجام گرفته است.

¹ Shock

در کتاب مهندسی مکانیک کلاسیک "تئوری ارتعاشات و کاربردها"، ویلیام تامسون¹ [1] با ارائه توضیحات زیر از تعریف مجزا و مستقیم میرایی اجتناب می‌کند: "همه سیستم‌های ارتعاشی کم و بیش در معرض میرایی قرار دارند، زیرا انرژی توسط اصطکاک و دیگر مقاومت‌ها مستهلک می‌شود. از آنجایی که هیچ مقداری انرژی در ارتعاش آزاد تأمین نمی‌شود، حرکت در ارتعاش آزاد با گذشت زمان کم می‌شود و گفته می‌شود که حرکت میرا شده است. از این توصیفات چنین برمی‌آید که یک میراگر المانی است که می‌تواند به سیستم اضافه شود تا نیروهایی را فراهم آورد که در برابر حرکت مقاومت دارند، بنابراین وسیله‌ای برای مستهلک کردن انرژی است. با فرض اینکه این تعریف عملی برای استفاده عمومی کافی باشد، موضوع مورد علاقه بعدی این است که به طور کلی خروجی کارکردی یک میراگر را توصیف کنیم. مشابه با تعریف میرایی، خروجی کارکردی یک میراگر تا حدودی بحث برانگیز است، زیرا معادلات خروجی مختلفی در چارچوب رشته‌های مختلف مهندسی وجود دارد. از سوی دیگر، میرایی را می‌توان به عنوان یک ویژگی از سیستم دینامیکی تعریف کرد که منجر به کاهش دامنه نوسان می‌شود. این امر باعث از بین رفتن مقداری انرژی در آن سیستم می‌شود. با رعایت قانون بقای انرژی، این انرژی در واقع به شکل دیگری تبدیل می‌شود. در نتیجه، اصطلاح "میراگر" می‌تواند به عنوان یک مکانیزم² یا ویژگی داخلی تعریف شود که این انتقال انرژی را فراهم می‌آورد. به طور معمول، میرایی انرژی مکانیکی را به گرما تبدیل می‌کند. سپس این گرما از طریق یکی از 3 حالت انتقال حرارت که با عنوان هدایت، همرفت و تابش تعریف شده‌اند، به محیط اطراف منتقل می‌گردد.

میراگرهای ویسکوز مایع با تأمین نیروی مقاومت فقط در هنگام حرکت کار می‌کنند. آن‌ها به سازه سختی اضافه نمی‌کنند و هیچ بار استاتیکی را نمی‌توانند تحمل کنند. مانند اتومبیل‌هایی که در جاده پر دست انداز رانده می‌شوند، ساختمان‌های مناطق لرزه‌ای دارای یک چالش دینامیکی می‌باشند. چه کسی خواهان خریدن یا تولید کردن یک ماشین بدون کمک فنر است؟ قوانین دینامیکی فیزیک برای هر یک از آن‌ها یکسان است.

باعث خرسندی بسیار زیادی است که تجهیزات میرایی تیلور، این دفترچه راهنما را به عنوان راهنمایی برای مهندسان با سطوح مختلف تجربه ارائه می‌دهد تا از این فناوری که با موفقیت از کاربردهای قبلی منتقل شده است، بهره ببرید و عملکرد دینامیکی سازه‌ها را بهبود بخشیده و به کمک آن جان افراد در سراسر جهان را نجات دهید.

منابع

1. Thomson, William, 1965, *Vibration Theory and Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

¹ William Thomson

² Mechanism

فصل 2: تجهیزات میرایه مایع (ویسکوز)

یک قرن از تاریخ

بدیهی است که در زمان جنگ، فناوری جدید با سرعت بسیار زیادی توسعه می‌یابد، زیرا سرنوشت کشورها ممکن است به این بستگی داشته باشد که کدام دشمن می‌تواند با سرعت بیشتری سلاح‌های بهبود یافته‌تری را به تولید انبوه برساند. در مورد میراگرهای مایع، تکامل توپ‌های بزرگ و تفنگ‌های دریایی در اواخر دهه 1800 میلادی نیاز به این محصول را فراهم آورد، و تنها دولت‌های مختلف بزرگ بسیار علاقه‌مند به تأمین بودجه توسعه بودند.

اسلحه‌های جنگ، 1818 - 1897 میلادی - نیاز ترغیب کننده و ارتقا دهنده¹ اختراع است. تکامل میراگرهای بزرگ با ظهور توپ‌های بزرگ ته پر² در دهه 1860 میلادی آغاز شد. پیش از این، تفنگ‌های بزرگ از سرلوله/دانه لوله³ و به شیوه‌ای بسیار وقت‌گیر، پر می‌شد. دسترسی راحت به انتهای لوله تفنگ برای پر کردن، ساده بود. پس از شلیک، سلاح فقط مجاز به حرکت رو به عقب به اندازه یک تا بیست فوت بود. این حرکت در تفنگ‌های صحرائی، با استفاده از یک دستگاه شبیه به بیلچه که به معنای واقعی کلمه در زمین حفرة ایجاد می‌کنند، کاهش داده می‌شد. تفنگ‌های روی عرشه ناو، از لگزنده‌های اصطکاکی یا سطح شیبدار برای جلوگیری از حرکت ناشی از شلیک استفاده می‌کردند. بعد از پر شدن، خدمه تفنگ، تفنگ را به داخل آتشبار/سکوی توپ⁴ خود عقب می‌راندند یا برای موقعیت شلیک آماده می‌شدند. پیدایش تفنگ‌های ته پر، اجازه پرکردن بسیار سریع (و مطمئن‌تر) تفنگ و سرعت بالاتر و مطلوب‌تر شلیک را می‌داد. متأسفانه، سرعت بالای شلیک نیازمند این بود که خدمه تفنگ با سرعت بیشتری برای به موقعیت بازگرداندن دوباره تفنگ کار کنند، که این امر خدمه را خسته می‌کرد.

چندین ایده ناموفق در جلوگیری از حرکت رو به عقب تفنگ هنگام شلیک، شامل فنرهای مارپیچی و بلوک‌های لاستیکی، مورد سعی و تلاش قرار گرفتند. در همین حال، مخترعین آن زمان در حال بررسی درباره زمینه جدیدی از قطعات هیدرولیکی بودند و تا اواخر دهه 1860 میلادی، آزمایش‌هایی با استفاده از میراگرهای هیدرولیکی برای جلوگیری از حرکت رو به عقب تفنگ‌ها هنگام شلیک انجام می‌گرفت. توسط هاگ⁵ [1] گزارش شده است که ارتش بریتانیا نخستین ارتشی بود که در سال 1862 میلادی از میراگرهای فنی هیدرولیکی روی واگن‌های تفنگ استفاده کرده است. اولین تولید انبوه میراگرهای فنی هیدرولیکی بر روی تفنگ صحرائی فرانسوی 75 میلی متری مدل M1897 مورد استفاده قرار گرفت. این سلاح به عنوان

¹ Foster

² Breech-loaded

³ Muzzle

⁴ Battery

⁵ Hogg

یک شگفتی فناوری واقعی مورد ستایش قرار گرفت و به عنوان اولین قطعه توپخانه مدرن در نظر گرفته می-شود. حمل کننده سلاح شامل یک سطح لغزشی برای تکیه دادن خود تفنگ و یک میراگر مایع با حداکثر ظرفیت تغییر مکان¹ 48 اینچ در ترکیب با یک فنر سبک، برای کاهش انرژی حرکت رو به عقب تفنگ هنگام شلیک و بازگرداندن تفنگ به آتشبار بود. اسلحه M1897 فرانسوی هم در جنگ جهانی اول و هم در جنگ جهانی دوم به خدمت گرفته شد. نوع‌های بسیاری از این سلاح وجود دارد، زیرا بسیاری از کشورها پس از به غنیمت گرفتن یک یا تعداد بیشتری از نمونه‌ها در طول جنگ جهانی اول، از این طراحی نسخه برداری کردند. یکی از استفاده‌های غیرمعمول از تفنگ با لگد پرانی کم M1897 فرانسه، توسط نیرو هوایی ارتش آمریکا در طول جنگ جهانی دوم بود. نیروی هوایی به هواپیماهای حمله به زمین (هوابردهای تهاجمی)، با بیشترین قدرت آتش ممکن نیاز داشتند. راه حل این مشکل شامل نصب کردن یک اسلحه M1897 کامل با میراگرهای فتری در داخل دماغه بمب افکن مدل B-25 Mitchell ایالات متحده بود، که رو به جلو شلیک می‌کرد. هواپیمای اصلاح شده موفقیت آمیز بود و استفاده از میراگرهای هیدرولیکی آسیب به هواپیما را از بین برد. با پایان جنگ جهانی اول، ده‌ها هزار میراگرهای مایع در قطعات توپخانه صحرایی، تفنگ‌های دریایی، تفنگ‌های ساحلی و تفنگ‌های خط راه‌آهن مورد استفاده قرار گرفتند. برخی از میراگرهای این دوره حتی از نوع نیمه فعال بودند که در آن تغییر زاویه ارتفاع تفنگ باعث تغییر در نیروی میرایی می‌گردید. این کار با استفاده از یک قطاردنده بین حمل کننده تفنگ و میراگر انجام می‌شد. قطاردنده یک میله تنظیم یا پیچ بیرون زده از سیلندر میراگر را می‌چرخاند. هنگامی که تفنگ بالا برده می‌شد، میراگر "سخت‌تر" می‌شد و از تغییر مکان کمتری استفاده می‌کرد. این ویژگی اجازه می‌داد تا حمل کننده تفنگ از نظر اندازه و وزن کاهش یابد، زیرا در زوایای ارتفاع زیاد، حمل کننده دیگر نیازی به حفظ فاصله آزاد از سطح زمین برای کل تغییر مکان رو به عقب در هنگام شلیک نداشت.

در اواخر جنگ جهانی اول، یکی دیگر از مزایای استفاده از میراگرهای مایع کشف شد. این کشف آن بود که کاهش حرکت رو به عقب تفنگ در هنگام شلیک به اسلحه‌ها اجازه شلیک موشک‌های بزرگتر، با شارژ محرک بزرگتر به منظور دستیابی به بردهای بیشتر را می‌داد. در واقع، از مارس تا ژوئیه سال 1918 میلادی، شهر پاریس با یک سلاح با ابعاد بسیار بزرگ مورد حمله ارتش آلمان قرار گرفت. جزئیات آن تا زمان پایان جنگ و تنها پس از تلاش‌های زیاد متحدین در دسترس نبود. این اسلحه به "تفنگ پاریس" نام‌گذاری شد و شامل یک لوله بلند 130 فوتی بود که خشاب‌های با قطر 210 میلیمتر را با برد حداکثر 85 مایل شلیک می‌کرد. تفنگ و میراگر مایع، وزنی بیش از 140 تن داشتند که در آن وزن بسیار زیاد حمل کننده اسلحه در نظر گرفته نشده است. سه عدد از تفنگ‌های پاریس ساخته شدند، اما همه آن‌ها پس از نزدیک شدن ارتش‌های متحدین به مکان‌هایشان، از خدمت‌دهی خارج شدند. به طرز اسرارآمیزی، هیچ یک از آن‌ها پس از پایان جنگ توسط نیروهای متحدین بازیابی نشدند.

¹ Stroke

کمک فنر (میراگر) خودرو - بهینه‌سازی از طریق تکامل

دهه‌های 1920 و 1930 میلادی دوره‌هایی بودند که خودرو به یک ویژگی غالب از فرهنگ آمریکایی تبدیل شد. از آنجایی که خودرو محصولی نسبتاً جدید بود و بازار بالقوه بزرگی داشت، تولیدکنندگان خودرو با فشارهای رقابتی مجبور شدند محصولی را تولید کنند که برای مصرف‌کنندگان جالب باشد. یکی از جالب‌ترین ویژگی‌هایی که یک اتومبیل می‌تواند داشته باشد، یک رانندگی هموار بر روی تمام سطوح جاده‌ای ممکن است. این امر یک چالش واقعی برای مهندسان خودرو در این دوره بود.

اولین سیستم تعلیق خودکار به سادگی از ارباه‌های اسب‌کش، منتقل شد. این سیستم تعلیق شامل چندین فنر صفحه‌ای بیضوی یا نیمه بیضوی بود. میرایی، محدود به اصطکاک موجود بین صفحه‌ای شده بود که در هنگام تغییر شکل صفحه‌های فنرهای قرار گرفته بر روی یکدیگر اتفاق می‌افتاد. بدیهی بود که از یک روز به روز دیگر میرایی تغییرات زیادی داشت، و به اینکه فنر خشک، مرطوب، زنگ زده، کثیف یا به تازگی تمیز و روغن‌کاری شده باشد، وابستگی داشت.

این تغییر روزانه میرایی برای مصرف‌کننده قابل قبول نبود و پدهای اصطکاک خارجی یا میرایی لاستیکی به سیستم تعلیق اضافه شد. این تغییر کوچک در استفاده از فقط فنر به عنوان میراگر، بهبود قابل ملاحظه‌ای را فراهم آورد، به علاوه این امکان ایجاد شد که میراگر در صورت ساییده شدن قابل تنظیم شود. ماده میرایی "ایده‌آل" معمولاً واشرها یا پدهای آزیست خالص بودند، که بین دو صفحه آهنی فشرده شده بودند. یک صفحه توسط یک پیچ به قاب ماشین ثابت شده بود، و صفحه دیگر به یک بازوی محرک وصل می‌شد. یک پیچ¹ بزرگ از مرکز مجموعه قطعات² میراگر عبور کرده و سفت کردن یا شل کردن پیچ به منظور تنظیم نیروی میرایی صورت می‌گرفت.

نیاز به تعمیر و نگهداری بالا و بهبود ناچیز به دست آمده از میراگرهای اصطکاکی و لاستیکی باعث شد که تأمین کنندگان قطعات خودرو به دنبال سیستم‌های میرایی بهبود یافته باشند و میراگرهای مایع به سرعت وارد صحنه شدند. بزرگترین مشکل در تطبیق میراگرهای مایع برای استفاده در اتومبیل، کیفیت ضعیف درزبندی‌ها (آب بندی) بود. تفنگ‌های جنگ جهانی اول معمولاً به دلیل سایش لوله، نیاز به تعمیرات اساسی عمده در هر 500 دور یا کمی بیشتر از این داشت و این زمان مناسبی برای تعویض درزبندی‌های میراگر بود که معمولاً پس از 500 چرخه به شدت نشت می‌کردند. با توجه به درزبندی‌های آن روزها، که شامل طول‌های بریده شده از طناب کنف بود که با چکش به داخل فضای کوچکی وارد می‌شدند، این امر تعجب‌برانگیز نبود! درزبندی‌های "بهبود یافته" دهه 1920 میلادی شامل مقدار زیادی از واشرهای چرمی گرد بود که به همراه یک مهره بسته‌بندی با فشار درون موقعیت وارد می‌شدند. این‌ها نسبت به رشته‌های کناف بهبود و پیشرفت داشتند، اما هنوز هم نمی‌توانستند چرخه عمر³ لازم را برای استفاده در خودرو فراهم آورند.

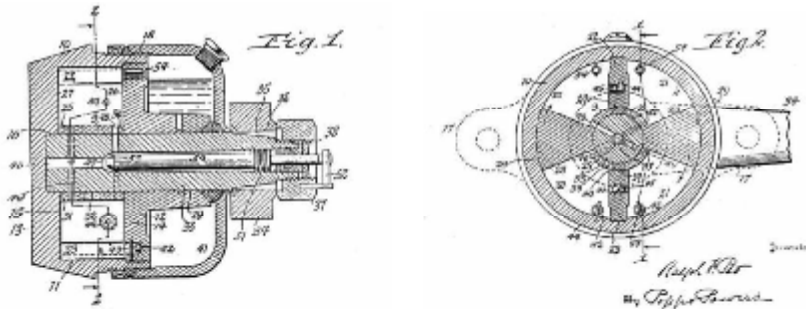
¹ Draw

² Assembly

³ Life cycle

در سال 1925 میلادی، رالف پیو¹ از شرکت Houdaille در بوفالو، نیویورک، یک راه حل برای مشکل درزبندی ابداع نمود. وی به جای بهبود درزبند، میراگر را برای استفاده از مجموعه قطعات میله پیستون چرخان و پره باز طراحی کرد، بنابراین حرکت بلند و لغزشی درزبند با یک حرکت چرخشی کوتاه 60-120 درجه جایگزین شد. میراگر چرخشی Houdaille توسط بازوهای میل لنگ متصل به اجزای متحرک سیستم تعلیق، فعال می‌شد. حرکت چرخشی کوتاه درزبند، امکان سفر جاده‌ای تا حدود 10,000 مایل را بدون نیاز به تعویض درزبند فراهم می‌ساخت. در مدت زمان کوتاهی، اکثر خودروها شروع به استفاده از میراگرهای چرخشی Houdaille کردند. شکل 2.1 یکی از صفحات ثبت اختراع اصلی است که اختراع سال 1925 میلادی پیو را نشان می‌دهد.

در سال 1949 میلادی، بخش دلکوی جنرال موتور² سرانجام نوعی میراگر درزبند لغزشی طراحی کرد که از عمر کافی برای استفاده در خودرو برخوردار بود و به این ترتیب به عصر میراگر چرخشی پایان داد. ضربه‌گیرهای³ امروزی دارای یک ساختار داخلی هستند که بسیار شبیه به فنرهای⁴ بازگشتی تفنگ‌های جهانی اول است، به جز اینکه درزبندهای امروزی از عمر قابل ملاحظه‌ای بیشتری برخوردار هستند.



شکل 1.2 صفحه ثبت اختراع - ضربه‌گیر چرخشی رالف پیو

جنگ سرد - میراگرها به زیر زمین می‌روند

متون تاریخی سرانجام دربردارنده اطلاعات زیادی درباره دوره جنگ سرد خواهند بود، که از پایان جنگ جهانی دوم تا تقریباً سال 1990 میلادی ادامه داشت. در اوایل جنگ سرد، ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی شروع به تولید موشک‌های بالستیک بین قاره‌ای (ICBM) مجهز به کلاهک‌های هسته‌ای کردند. گرچه هنوز هم مورد بحث و گفتگو است، اکثر تحلیل‌گران دفاعی می‌گویند که اصول جنگ راهبردی ایالات متحده به گونه‌ای است که موشک‌هایمان تا زمانی که کلاهک‌های دشمن در داخل یا بالای خاک ایالات متحده منفجر نشود، پرتاب نمی‌شوند. طرفداران این اصل فرض بر این داشتند که اهداف اولیه دشمن، پرتاب

¹ Ralph Peo

² Delco Division of General Motors

³ Shock absorber

⁴ Buffer

کننده‌های موشک‌های آمریکایی خواهد بود و در اولین حمله بسیاری از آن‌ها را مورد اصابت قرار می‌دهند. برای اینکه ایالات متحده تحت این شرایط یک ضد حمله را شلیک کند، موشک‌های ما باید به گونه‌ای طراحی و یا مستقر شوند که بتوانند بدون آسیب‌های حمله هسته‌ای، سالم باقی بمانند. در ابتدا، فقط موشک‌های مستقر در خشکی در زیر سیلوهای پرتاب تقویت شده قرار داده شدند که معمولاً با ساختمان‌های امکانات پرتاب زیرزمینی همراه بودند. با این وجود، با پیشرفت سیستم‌های هدایت موشکی، دقت موشک‌های دشمن بهبود یافت و نیاز به دستگاه‌های جداسازی لرزش ناگهانی شدید یا شوک پیدا شد. جداسازی موشکی اولیه از فنرهای سیم پیچی ساده با میراگرهای مایع تشکیل شده بودند. در بعضی موارد از واحدهای میراگر-فنر برای جداسازی خود موشک‌ها و موردهای بحرانی مختلف داخل مجموعه پرتاب استفاده می‌شد. در موارد دیگر، کل سازه‌ها در صفحات عمودی و افقی جداسازی شده بودند.

در دهه 1960 میلادی، تهیه‌ی فنرهای مکانیکی نسبتاً بزرگ برای فراهم آوردن جداسازی بهینه غیرممکن شد، بنابراین میراگرهای مایع به میراگرهای مایع-فنر تبدیل شدند، که یک جزء جداساز بسیار قدرتمند و در عین حال متراکم بود. در یک میراگر مایع-فنر، مایع عمل کننده به طور همزمان فشرده شده و از روزه¹ عبور می‌کند. با انتخاب مایعات ویژه با تراکم پذیری بالا، امکان تولید هر دو نیروهای بالای فنری و میرایی در یک محفظه بسیار کوچک فراهم شد. بدون اینکه وارد جزئیات شویم (از نظر ملاحظات امنیتی)، برخی از میراگرهای مایع-فنر از اواخر دهه 1980 میلادی می‌توانستند همزمان نیروهای فنری 50 تنی و نیروهای میرایی 150 تنی را از محفظه‌ای با قطر تنها 7 اینچ فراهم آورند. فشارهای مایع عمل کننده تا 50,000 psi نسبتاً متداول بود. در مقایسه، یک تفنگ شکاری با قدرت بالا دارای فشارهای شلیک حداکثر در محدوده 40,000 psi می‌باشد. برخی از این تولیدات برای موشک‌های بزرگ مستقر در خشکی بیش از چهار فوت تغییرمکان داشتند، و دارای نیروهای خروجی تا حدود 500 تن بودند.

استفاده موفق از میراگرهای مایع با ظرفیت بالا و میراگرهای مایع-فنر در تأسیسات موشکی مستقر در خشکی منجر به کاربردهای دیگر آن در موشک‌های روی عرشه ناو و زیر دریایی و اقلام تجهیزاتی مرتبط شد. تا پایان جنگ سرد، یک ناو جنگی معمولی ایالات متحده بیش از 1000 دستگاه میرایی مایع داشت که روی موشک‌ها و سیستم‌های الکترونیکی اصلی آن نصب شده بود. نیروی خروجی این دستگاه‌ها در محدوده 1 تن تا 50 تن قرار داشتند.

در طول دهه 1990 میلادی، پایان جنگ سرد همراه با جو سیاسی و اقتصادی باعث کاهش چشمگیر توانایی‌های دفاعی آمریکا شد. در همین زمان، محدودیت‌های امنیتی در فروش و استفاده تجاری از فناوری‌های دوران جنگ سرد بسیار کاهش یافته بود.

¹ orifice

پس از جنگ سرد - انتقال فناوری‌های دفاعی به بخش خصوصی

شرکت‌های دفاعی پس از پایان جنگ سرد، فرصت‌های جدید بسیار کمی را در بازارهای سنتی خود یافتند. بعضی از شرکت‌ها کوچکتر شدند، یا سطوح فروش را اغلب با ادغام و یکپارچه شدن‌های ناخوشایندی حفظ کردند. تقریباً تعداد کمی از شرکت‌ها توانستند فناوری خود را به بازار تجاری منتقل کنند. در سال 1987 میلادی، شرکت تجهیزات میرایی تیلور، به دنبال فروشگاه‌های تجاری برای محصولات دفاعی خود بودند.

تخصص دفاعی شرکت تیلور شامل طراحی و ساخت دستگاه‌های میرایی مایع و بزرگ برای محافظت از موشک‌ها، سیستم‌های الکترونیکی و سازه‌های بزرگ در برابر اثرات انفجار سلاح‌ها بود. کارمندان این شرکت انتخاب شدند تا کاربردهای تجاری مربوط به حفاظت از سازه‌ها در برابر زلزله و بادهای شدید را دنبال کنند. سبک میراگر انتخاب شده به دهه 1970 میلادی باز می‌گردد و توسط شرکت برای استفاده در موشک بالستیک MX نیروی هوایی ایالات متحده و موشک کروزر Tomahawk نیروی دریایی ایالات متحده، به عنوان تنها تهیه کننده آن ایجاد شده بود. در کاربرد دوم، این شرکت بیش از 29000 دستگاه میرایی مایع را برای استفاده در عرشه ناوهای راه اندازی شده با موشک‌های Tomahawk تولید کرده است.

در اوایل، تصمیم گرفته شد تا تحقیقات روی سازه‌های ساختمان و پل با میراگر مایع، به صورت مشترک با مرکز ملی تحقیقات مهندسی زلزله (NCEER) دنبال شود. NCEER در نزدیکی پردیس دانشگاه ایالتی نیویورک در بوفالو، با فاصله بسیار کمی از امکانات شرکت تیلور قرار داشت. این تحقیق شامل استفاده از دستگاه‌های میرایی مایع از تولیدات نظامی موجود و فقط نصب آن‌ها بر روی مدل‌های مقیاس شده از سازه‌های مهندسی عمران، به عنوان اجزای الحاقی بود. سپس سازه‌ها روی میز لرزه بزرگ دانشگاه، تحت آزمایش لرزه‌ای گذرا قرار گرفتند. همه آزمایش‌ها بسیار عالی بودند، به همراه کاهش چشمگیر تنش و تغییر شکل که توسط میرایی مایع اضافه شده با میرایی بحرانی در محدوده 40%-15 اتفاق افتاده بود.

به طور کلی، مشخص شد که اضافه کردن 20 درصد میرایی بحرانی به یک سازه، مقاومت آن را در برابر زلزله سه برابر می‌کند، بدون اینکه تنش یا تغییر شکل افزایش یابد. گزارش‌های بی شماری توسط NCEER و دانشگاه منتشر شد، که پیشرفت‌های قابل دستیابی با میراگرهای مایع را تأیید می‌نماید. وزارت دفاع آمریکا در اجازه دادن به شرکت تیلور برای فاش ساختن اصول و مفاهیم طراحی قابل کاربرد برای دستگاه‌های میرایی مورد استفاده در تحقیق، بسیار همکاری داشت.

به عنوان مثال، سازه ساختمان‌های فولادی با میراگرهای مایعی مورد آزمایش قرار گرفتند که در حال حاضر برای بمب افکن B-2 Stealth تولید می‌شود. سازه ساختمان‌های بتنی با استفاده از میراگرهای موشک Tomahawk مورد آزمایش قرار گرفتند. سازه‌های پل با میراگرهای کشتی مشهور تحقیقاتی و اکتشافی Glomar سازمان CIA مورد آزمایش قرار گرفتند.

مشخص شد که هیچ مانعی برای اجرای تجاری محصولات میرایی شرکت تیلور وجود ندارد و تا سال 1993 میلادی، یک سفارش برای استفاده از 186 میراگر در هر پنج ساختمان جدید مرکز پزشکی منطقه‌ای

Arrowhead در کلتون¹، کالیفرنیا دریافت شد. مشخصات این میراگرها در شکل 9.2 ارائه شده است، و تصویری از یک میراگر کامل شده در شکل 10.2 به دنبال آن آورده شده است. بیش از 600 پروژه ساختمان و پل دیگر پس از سفارش مرکز پزشکی منطقه‌ای Arrowhead، در 20 سال بعدی به دنبال آن آمدند. ثابت شده است که انتقال میراگرهای مایع از کاربردهای نظامی به غیرنظامی نمونه عالی و به معنای واقعی کلمه "تبدیل شمشیرها به تیغه‌های شخم‌زنی" است.

Damper Specifications San Bernardino County Medical Center	
Displacement	= 48 in.
Maximum Damping Force	= 320,000lb
Maximum Operating Velocity	= 60 in./sec.
Power Dissipation	= 2,170,000 watts
Length	= 14.5 ft. extended
Diameter	= 14 in.
Weight	= 3,000 lb.
Quantity Required	= 186

جدول 1.2 مشخصات میراگرهای مرکز پزشکی San Bernardino County



شکل 1.2 تصویری از میراگر کامل شده

¹ Colton

مراجع

1. Hogg, I.V., 1971, The Guns 1914-1918, Ballantine Books Inc., New York, New York