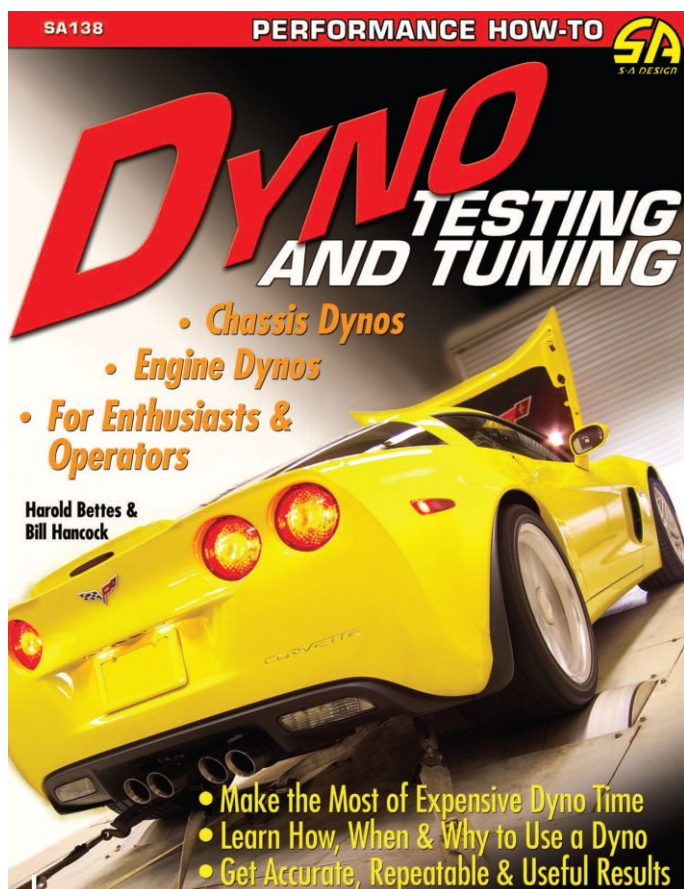


تست داینو و تیونینگ

راهنمای آزمون های دینامومتر برای ارزیابی و ارتقاء عملکرد خودروها،
شامل تست های دینامومتر موتور و شاسی
مناسب برای تیونرها، مکانیک ها و علاقه مندان به صنعت اتومبیل



مؤلفین : هارولد بتس و بیل هانکوک

مترجمان: مهندس امیر زینی و مهندس علیرضا صالحین

گروه مهندسی الفبای خودرو



نشر دانشگاهی فره‌مند

نام کتاب: تست داینو و تیونینگ

مولفین : هارولد بتس و بیل هانکوک

مترجمان: مهندس امیر زینی ، مهندس علیرضا صالحین

ویراستاران: نیلوفر زینی / علیرضا محسنی فخر / بهزاد نادرخانی / حمیدرضا صالحین

سال چاپ: ۱۴۰۴

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۴۹۸۰-۲۵-۰

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فره‌مند محفوظ می‌باشد.

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه، پاساژ فروزنده، طبقه اول، واحد ۴۱۹

تلفن : ۶۶۴۱۰۶۸۸ - ۶۶۹۶۸۶۱۴

www.farbook.ir

telegram: @farhamandpress

Instagram: @nashr.farahmand

تقدیم نامه:

تقدیم به به مادران مهربان و جان‌فشانان



این کتاب را با دلی سرشار از عشق و سپاس تقدیم می‌کنم؛ شما که بی‌وقفه دست نوازشتان را به سویمان دراز کردید و با هر نفس مهربانانه، به ما آموختید عشق چیست. ای سرچشمه‌ی آرامش و قوت ما، دینِ ناشناخته‌ای بر دوش داریم که با هر موفقیت‌مان به شما می‌پردازیم؛ سپاس از جان‌فشانی‌هایتان، از دستانِ کوچک‌مان که در دستانِ بزرگ شما بزرگ شدند و از قلب‌هایی که بی‌دریغ رو به سوی امید، برایمان تپیدند. این اثر، قطره‌ای است از دریای محبت شما با عهدی ماندگار به پاس همه لحظه‌هایی که برایمان ساختید.

مهندس امیر زینی و مهندس علیرضا صالحین ، بهار ۱۴۰۴

مقدمه مترجمان:

در دنیای پیچیده و پویای مهندسی خودرو، جستجو برای دستیابی به اوج عملکرد و نهایت کارایی موتور، همواره محرک اصلی پیشرفت بوده است. در گذر زمان، ابزارهای گوناگونی برای واکاوی و ارزیابی دقیق توان و گشتاور موتورها به کار گرفته شده‌اند، اما در میان انبوه این فناوری‌ها، نام دینامومترها در جایگاهی بی‌بدیل قرار گرفته است. این دستگاه‌ها که همچون قلب تپنده در فرآیندهای آزمایش، تحلیل و بهینه‌سازی موتورهای احتراق داخلی عمل می‌کنند، نقشی حیاتی در صنعت خودروسازی و عرصه پرشور مسابقات ایفا می‌نمایند. در منظومه دانش فنی خودرو، تعداد منابعی که به شکلی جامع و کاربردی به این حوزه بپردازند، اندک است و از همین رو، دسترسی به راهنمایی‌های دقیق و مبتنی بر تجربه، ارزشی مضاعف پیدا می‌کند.

متأسفانه در کشور ما، شاهد چالش‌های قابل توجهی در زمینه ریمپ و تیونینگ خودرو هستیم؛ جایی که عدم استفاده صحیح از دینامومتر به عنوان یک ابزار کلیدی برای تنظیمات دقیق، پیامدهای ناگواری را به دنبال داشته است. اعتماد نابجا به مراکزی که بدون اتکا به داده‌های معتبر دینامومتر و صرفاً با تکیه بر تغییرات نرم‌افزاری عمومی یا استفاده از دامپ‌های آماده، اقدام به ریمپ ایسیو می‌کنند، نه تنها منجر به اتلاف هزینه می‌شود، بلکه می‌تواند سلامت فنی خودرو را نیز به شدت به خطر اندازد. این رویکرد غیراصولی، که غالباً شرایط خاص هر خودرو و تأثیر تغییرات سخت‌افزاری احتمالی (مانند نصب کیت مکش یا هدرز) را نادیده می‌گیرد، می‌تواند عمر مفید موتور را کاهش دهد، مصرف سوخت را افزایش دهد و در مواردی به خرابی‌های جبران‌ناپذیر بینجامد. بروز مشکلاتی نظیر استارت سرد، میس‌فایر، و خطاهای الکترونیکی در سیستم‌های حیاتی، تنها بخشی از عوارض ریمپ‌های نامناسب و فاقد پشتوانه علمی است که ایمنی سرنشینان را نیز تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. اهمیت تست دینامومتر در این میان، بیش از پیش آشکار می‌شود؛ چرا که این امکان را فراهم می‌آورد تا با شبیه‌سازی دقیق شرایط عملکردی، ایسیو به گونه‌ای تنظیم شود که حداکثر هماهنگی را با وضعیت فعلی موتور و تغییرات اعمال شده داشته باشد.

در سایه همین نیاز مبرم و خلأ منابع جامع و کاربردی به زبان فارسی، اثری پیش رو قرار گرفته که حاصل تلاشی ارزشمند برای پر کردن این شکاف اطلاعاتی است. این کتاب، که ترجمه اثر ارزشمند **Dyno Testing & Tuning** نوشته **Harold Bettes** و **Bill Hancock** می‌باشد، با نگاهی دقیق و مبتنی بر اصول علمی، خواننده را با دنیای دینامومترها آشنا می‌سازد و ابعاد مختلف تست و تنظیم موتور را با استفاده از این ابزار قدرتمند تشریح می‌کند. نویسندگان این اثر، که خود سال‌ها تجربه گران‌بهای در زمینه تیونینگ و تست‌های داینو اندوخته‌اند، کوشیده‌اند تا دانشی را منتقل کنند که به افراد امکان می‌دهد با پرهیز از آزمون و خطاهای پرهزینه، بهینه‌سازی‌های لازم را برای خودروهای خود انجام دهند. البته در این رابطه در دنیا نیز به انگشتان یک دست کتاب کاربردی وجود نداشته و این اثر بعد از گذشت سالیان نیز همچنان بسیار پر فروش بوده و نظر منتقدان زیادی را هم اکنون هم به خود جلب نموده است. این اثر، به عنوان یک راهنمای تمام‌عیار، نه تنها به معرفی انواع دینامومترها، از جمله دینامومتر موتور و دینامومتر شاسی که هر کدام برای اهداف خاصی به کار می‌روند، می‌پردازد، بلکه خواننده را با مفاهیم کلیدی نظیر شتاب و دقت در تست‌های دینامومتری آشنا می‌سازد؛ مفاهیمی که در آشکارسازی نقاط قوت و ضعف موتور و امکان‌پذیر ساختن بهینه‌سازی‌های دقیق، نقشی محوری دارند.

فراتر از مفاهیم پایه، این کتاب به عمق فرآیندهای عملیاتی و تحلیلی نیز می‌پردازد. با ورود به دنیای اعداد و فرمول‌های مرتبط با توان و گشتاور، خواننده درک دقیقی از چگونگی اندازه‌گیری و محاسبه عملکرد موتور به دست می‌آورد. سپس، با نگاهی به اهداف و مقاصد متنوعی که می‌توان از تست دینامومتر دنبال کرد، از تست‌های اولیه تا شبیه‌سازی شرایط مسابقه

برای تنظیم دقیق خودرو قبل از حضور در پیست، کاربردهای وسیع این ابزار روشن می‌شود. کتاب با ارائه آزمون‌های عملی و راهنمایی‌های کاربردی برای استفاده مؤثر از دینامومتر، خواننده را برای ورود به عرصه عمل آماده می‌کند. مباحثی چون دقت و تکرارپذیری در اندازه‌گیری‌ها، اهمیت عوامل تصحیح برای حصول نتایج قابل مقایسه و روش‌های عیب‌یابی بر اساس داده‌های دینامومتر، همگی به منظور ارائه یک تصویر کامل از فرآیند تست و تنظیم ارائه شده‌اند. همچنین، بخشی به چگونگی خواندن و تفسیر برگه‌های اطلاعاتی دینامومتر اختصاص داده شده که این خود گامی مهم در جهت استفاده هوشمندانه از نتایج تست‌ها محسوب می‌شود. در نهایت، کتاب به طور مفصل به چگونگی استفاده از داده‌های دینامومتر برای تنظیم و ریمپ تخصصی ایسیو می‌پردازد و مسیری مطمئن را برای دستیابی به عملکرد بهینه موتور ترسیم می‌کند. این اثر، با توجه به گستردگی مباحث و رویکرد عملی‌اش، نه تنها برای متخصصان و تکنسین‌ها، بلکه برای علاقه‌مندان به دنیای تیونینگ و هر کسی که به دنبال درک عمیق‌تر از عملکرد موتور خودرو و بهینه‌سازی آن است، منبعی ارزشمند و راهگشا خواهد بود. این کتاب، پلی است میان دانش نظری و عمل تجربی، که با زبانی گویا و کاربردی، گامی مهم در جهت ارتقاء سطح دانش فنی در حوزه دینامومتر و ریمپ تخصصی خودرو در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌دهد. امید است با تلاشی که برای برگردان این اثر به‌عنوان مرجعی کارگشا باوجود خطاها احتمالی انجام پذیرفته، چراغ راه و کمکی برای جامعه مهندسی مکانیک، تکنسین‌های تعمیرات اتومبیل و همچنین علاقه‌مندان به حوزه واقع گردد. از حمایت و پشتیبانی جناب آقای علیرضا فرهنگزادگان، مدیر محترم نشر دانشگاهی فرهنگد که در به چاپ رسیدن این اثر حداکثر حمایت را از ما داشته‌اند و امور صفحه‌آرایی کتاب را کشیدند، کمال تشکر را داریم. هیچ اثر بی‌نقصی وجود ندارد، دیکته نانوشتۀ همیشه ۲۰ است. لطفاً نقطه نظرات خویش را با نشر دانشگاهی فرهنگد، با کانال: @farhamandpress، اینستاگرام: @nashr.farahmand و وبسایت: www.farbook.ir و شماره ۰۲۱-۶۶۹۶۸۶۱۴ یا ۰۹۱۲۵۰۱۰۰۳۰ تماس حاصل فرمایید. نحوه ارتباط با گروه الفبای خودرو در اینستاگرام: @alefbayekhodro و وبسایت www.caralphabet.ir می‌باشد. همچنین برای ارتباط با مدیر علمی نشر: @Alirezasaalehin مخاطبین محترم می‌توانند ارتباط برقرار نمایند.

برگ سبز است تحفه درویش

مهندسی امیر زینی و مهندس علیرضا صالحین (گروه آموزشی مهندسی الفبای خودرو) بهار ۱۴۰۴

مقدمه مولفان:

در دنیای مهندسی خودرو، دستیابی به عملکرد بهینه و حداکثر کارایی موتور همواره یکی از اهداف اصلی است. در طول سال‌ها، تکنولوژی‌های متعددی برای تحلیل و ارزیابی عملکرد موتورها به کار گرفته شده‌اند، اما هیچ‌کدام به اندازه دینامومترها (Dyno) اهمیت نداشته‌اند. دینامومترها به عنوان ابزاری حیاتی در آزمایش، تحلیل و بهینه‌سازی موتورهای احتراق داخلی، نقشی کلیدی در دنیای خودروسازی و مسابقات ایفا می‌کنند.

در ایران، ریمپ نادرست خودرو و عدم استفاده از دینامومتر به عنوان ابزاری اساسی برای تنظیمات دقیق، می‌تواند پیامدهای جدی مالی و فنی به دنبال داشته باشد. بسیاری از افراد به دلیل اعتماد بی‌جا به مراکز ریمپ که بدون استفاده مؤثر از دینامومتر و یا تنظیمات دقیق، اقدام به ریمپ ایسیو می‌کنند، با مشکلات متعددی مواجه می‌شوند. برخی از این مراکز تنها بر اساس تغییرات نرم‌افزاری عمومی و بدون در نظر گرفتن شرایط خاص هر خودرو، ریمپ را انجام می‌دهند. این رویکرد می‌تواند به کاهش عمر موتور، افزایش مصرف سوخت و حتی خرابی‌های جبران‌ناپذیر منجر شود.

یکی از اشتباهات رایج در این زمینه، استفاده از دامپ‌های آماده بدون انجام تست‌های دقیق بر روی خودروی خاص است. این دامپ‌ها بر مبنای پارامترهای پیش فرض طراحی شده‌اند و اگر به درستی تست و تنظیم نشوند، می‌توانند تأثیرات منفی بر عملکرد خودرو داشته باشند. تست دینامومتر، اهمیت بسیار زیادی دارد چرا که با شبیه‌سازی شرایط مختلف عملکردی، امکان تنظیم دقیق‌تر ایسیو فراهم می‌شود. به‌ویژه زمانی که تغییراتی مانند نصب کیت مکش، هدرز، یا تغییرات دیگر در سیستم موتوری انجام شده باشد، تست روی دینامومتر ضروری‌تر است.

تغییرات غیر علمی و ریمپ‌های نامناسب می‌توانند باعث بروز مشکلاتی نظیر استارت سرد، میس‌فایر، و خطاهای الکترونیکی در سیستم‌های حیاتی خودرو شوند. این مشکلات نه تنها عملکرد خودرو را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بلکه ایمنی سرنشینان را نیز به خطر می‌اندازند. علاوه بر این، برخی از افراد بدون انجام تست‌های دقیق بر روی داینو و تنها با اتکا به تجربیات نامعتبر، تغییراتی در سیستم موتوری ایجاد می‌کنند که ممکن است به کاهش کارایی و حتی آسیب‌های جدی به موتور منجر شود.

نبود منابع جامع و معتبر در زمینه ریمپ و تنظیمات دینامومتری در ایران، یکی از عوامل اصلی در بروز این اشتباهات است. این کتاب با هدف پر کردن این خلاء اطلاعاتی تدوین شده است و با ارائه دانش دقیق و کاربردی، کمک می‌کند تا افراد بتوانند با استفاده از اصول علمی و تست‌های دینامومتری، بهینه‌سازی‌های لازم را برای خودروهای خود انجام دهند و از زیان‌های احتمالی جلوگیری کنند.

این کتاب، که حاصل تلاش نویسندگان باتجربه‌ای با بیش از ۴۰ سال فعالیت در زمینه تیونینگ و تست‌های داینو است، به عنوان اولین منبع جامع به زبان فارسی در این زمینه به شمار می‌آید و با هدف کاهش خطرات و بهینه‌سازی کارکرد موتور ارائه شده است. در این کتاب، به بررسی دینامومترها، روش‌های مختلف تست موتور و شاسی، اصول محاسباتی مرتبط با توان و گشتاور و چگونگی استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از این ابزارها برای تنظیم و بهینه‌سازی موتور پرداخته شده است. هدف از این کتاب، ارائه راهنمایی کامل و تخصصی برای افرادی است که به دنبال درک عمیق‌تر از دینامومترها و بهینه‌سازی عملکرد موتور خودروها هستند.



دینامومتر چیست؟ دینامومتر یا به طور خلاصه Dyno، دستگاهی است که برای اندازه‌گیری توان، گشتاور، و سایر پارامترهای مهم عملکردی موتور به کار می‌رود. این دستگاه‌ها در دو نوع اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند: دینامومتر موتور که برای اندازه‌گیری مستقیم قدرت و گشتاور موتور به کار می‌رود و دینامومتر شاسی که برای ارزیابی قدرت کل سیستم خودرو در هنگام حرکت استفاده می‌شود. هر دو نوع دینامومتر امکان تست موتور در شرایط مختلف را فراهم می‌کنند و اطلاعات دقیقی از عملکرد سیستم ارائه می‌دهند.



شتاب و دقت: یکی از مفاهیم کلیدی در استفاده از دینامومتر، شتاب‌گیری است که به سرعت تغییرات در سرعت موتور یا وسیله نقلیه اشاره دارد. در مسابقات، شتاب‌گیری سریع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چه در شروع مسابقه (درگ ریسینگ) و چه هنگام خروج از پیچ‌ها (مسابقات دایره‌ای یا پیستی). دینامومترها با اندازه‌گیری دقیق این تغییرات، به تکنسین‌ها این امکان را می‌دهند تا نقاط ضعف و قوت موتور را شناسایی و بهینه‌سازی کنند. دقت در دینامومتر به معنای

توانایی دستگاه در ارائه نتایجی است که به استانداردهای مشخصی ارجاع داده شده‌اند. برای دستیابی به بهترین عملکرد، نتایج باید دقیق و قابل اعتماد باشند. این دقت با استفاده از سیستم‌های داده‌برداری پیشرفته و استفاده از استانداردهای بین‌المللی در محاسبات دینامومتر تضمین می‌شود.

سیستم‌های کنترلی و داده‌برداری: یکی دیگر از بخش‌های حیاتی در کار با دینامومترها، سیستم‌های کنترلی و داده‌برداری است. این سیستم‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که امکان کنترل و تنظیم پارامترهای مختلف مانند سرعت و گشتاور را در حین تست فراهم می‌کنند. سیستم‌های داده‌برداری نیز با جمع‌آوری اطلاعات از سنسورهای مختلف، به تحلیل دقیق عملکرد موتور کمک می‌کنند. داده‌های جمع‌آوری شده می‌توانند شامل فشار، دما، سرعت و میزان مصرف سوخت باشند که همگی به تنظیمات بهینه موتور کمک می‌کنند.

عوامل تصحیح و شرایط محیطی: هنگام استفاده از دینامومتر، مهم است که عوامل محیطی مانند دما، فشار هوا و رطوبت مورد توجه قرار گیرند. فاکتورهای تصحیح به منظور استانداردسازی داده‌های خام و ارائه نتایجی قابل مقایسه در شرایط مختلف استفاده می‌شوند. این تصحیحات محیطی در دینامومتر اهمیت زیادی دارند، زیرا تغییرات جوی می‌تواند به طور مستقیم بر عملکرد موتور تأثیر بگذارد. بنابراین، نتایج تست دینامومتر باید به شرایط مرجع تصحیح شوند تا ارزیابی دقیقی از عملکرد موتور به دست آید.

توان و گشتاور: مفاهیم توان و گشتاور از اصلی‌ترین پارامترهای مورد بررسی در تست دینامومتر هستند. توان (اسب بخار) به میزان کاری که موتور در یک زمان مشخص انجام می‌دهد اشاره دارد، در حالی که گشتاور به نیروی چرخشی که موتور تولید می‌کند اشاره دارد.

تجزیه و تحلیل نتایج دینامومتر: یکی از ابزارهای اصلی برای تحلیل نتایج دینامومتر، نمودارها هستند. نمودارهای توان در برابر دور موتور و گشتاور در برابر زمان می‌توانند اطلاعاتی حیاتی درباره نحوه عملکرد موتور ارائه دهند. به عنوان مثال، یک نمودار صاف و پیوسته می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که موتور به صورت یکنواخت و بدون افت قدرت کار می‌کند. در مقابل، اگر در نمودار افت‌های ناگهانی مشاهده شود، این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده مشکلاتی در سیستم‌های سوخت‌رسانی، احتراق یا حتی سیستم‌های خنک‌کننده موتور باشد.

تنظیمات موتور بر اساس داده‌های دینامومتر

یکی از کاربردهای اصلی دینامومتر، کمک به تنظیم دقیق موتور است. با استفاده از داده‌های به دست آمده، تکنسین‌ها می‌توانند نسبت هوا به سوخت (A/F Ratio) و زمان‌بندی جرقه‌زنی را بهینه‌سازی کنند. نسبت هوا به سوخت، نقش مهمی در دستیابی به حداکثر توان و کارایی دارد. استفاده از دینامومتر همچنین به تکنسین‌ها این امکان را می‌دهد که با تغییر پارامترها در شرایط کنترل شده، تأثیر تغییرات مختلف را بر عملکرد موتور ارزیابی کنند.

شبیه‌سازی شرایط مسابقه

یکی دیگر از مزایای استفاده از دینامومتر، شبیه‌سازی شرایط مسابقه است. در این حالت، دینامومتر به گونه‌ای تنظیم می‌شود که موتور را در شرایطی مشابه با شرایط واقعی مسابقه آزمایش کند. این امر به تیم‌های مسابقه این امکان را می‌دهد که عملکرد موتور را در دماها، فشارها و سرعت‌های مختلف بررسی کرده و تنظیمات بهینه را پیش از ورود به میدان مسابقه اعمال کنند.

دینامومترها به عنوان ابزاری کلیدی در دنیای مهندسی خودرو و مسابقات اتومبیل‌رانی، نقش حیاتی در بهینه‌سازی عملکرد موتورهای احتراق داخلی ایفا می‌کنند. از طریق داده‌های دقیق و ابزارهای تحلیلی پیشرفته، دینامومترها به مهندسان کمک

می‌کنند تا نقاط ضعف و قوت موتور را شناسایی کرده و تنظیمات بهینه‌ای را برای دستیابی به بهترین عملکرد اعمال کنند. این کتاب با هدف آموزش دقیق اصول و کاربردهای دینامومتر، به مهندسان و علاقه‌مندان به دنیای خودرو کمک می‌کند تا درک عمیق‌تری از این ابزار پیشرفته پیدا کنند و از آن به‌درستی استفاده کنند.

فهرست کتاب

اولین تجربیات نویسندگان با دینامومترها

درباره نویسندگان

واژه‌نامه اصطلاحات مرتبط با دینامومتر

فصل ۱ - مقدمه‌ای بر دینامومترها

فصل ۲: انواع جاذب‌های قدرت

فصل ۳ - اعداد و فرمول‌ها

فصل ۴ - اهداف و مقاصد

فصل ۵ - آزمون‌های عملی

فصل ۶ - تیونینگ (تنظیمات)

فصل ۷ - نکات کاربردی برای استفاده از دینامومتر

فصل ۸ - دقت و تکرارپذیری

فصل ۹: عوامل تصحیح: مشکلات و روش‌ها

فصل ۱۰ - عیب‌یابی

فصل ۱۱ - به دنبال چه چیزی در یک مرکز دینامومتر باشیم؟

فصل ۱۲ - چگونه برگه اطلاعات داینو را بخوانیم؟

فصل ۱۳ - تنظیم با داده‌های دینامومتر

فصل ۱۴ - ریمپت تخصصی

فهرست منابع و مراجع

اولین تجربیات نویسندگان با دینامومترها

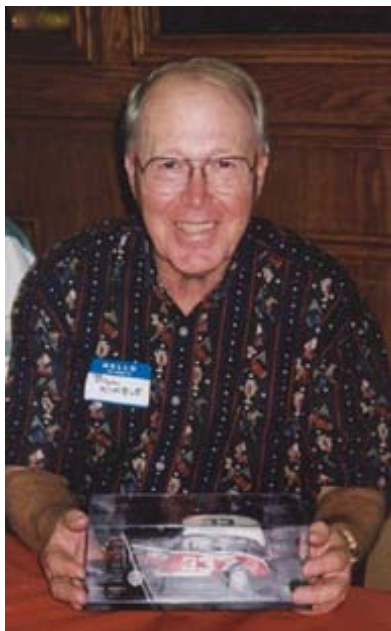
"هنگامی می‌توانید چیزی را که درباره‌اش صحبت می‌کنید اندازه بگیرید و آن را به صورت عددی بیان کنید، می‌توانید بگویید که واقعاً درباره آن موضوع دانش دارید".

• لرد کلون، ۱۸۸۳

هارولد بتس اولین تجربه خود را با دینامومتر در تگزاس غربی و در حدود ۱۵ سالگی داشت. پدر هارولد یک مهندس و طراح تجهیزات میدین نفتی بود و آن‌ها در حال آزمایش یک موتور دیزل بسیار بزرگ بودند که به یک پمپ آب عظیم متصل بود. آزمایش به این صورت بود که آب را از یک مخزن بزرگ به همان مخزن برمی‌گرداندند. با اندازه‌گیری حجم مایع جابه‌جا شده در هر دقیقه و فشار در خط لوله، داده‌های کافی برای محاسبه توان موتور جمع‌آوری کردند. او به یاد می‌آورد که موتور حدود ۳۰۰ اسب بخار توان تولید می‌کرد. آن‌ها از خط‌کش‌های کشویی استفاده می‌کردند زیرا در آن زمان هنوز ماشین‌های باتری‌دار موجود نبودند. چند سال بعد، هارولد این شانس را داشت که شاهد یک آزمایش دینامومتر عملکرد بالا روی یک موتور کوچک شورولت در تیم مسابقه‌ای "چاپارال ریس کارز" در تگزاس غربی باشد. از آن زمان به بعد، او به شدت به آزمایش و استفاده از توان علاقه‌مند شد. این تجربیات اصلی‌ترین انگیزه‌های او برای ادامه تحصیل در دانشگاه و مدرسه‌های مهندسی بود، جایی که تجربیات او با دینامومتر به اوج خود رسید.

بیل هنکاک اولین بار با دینامومتر در دوران دانشجویی در رشته مهندسی دانشگاه وندربیلت در سال ۱۹۶۷ آشنا شد. او در آن زمان بر روی پروژه‌ای مربوط به تزریق سوخت کار می‌کرد. پس از تحمل سختی‌ها و زحمات جمع‌آوری داده‌ها به صورت دستی، او واقعاً قدر خودکارسازی جمع‌آوری داده‌ها را دانست. امروزه بیل با شگفتی به سرعت و دقت جمع‌آوری داده‌های مدرن نگاه می‌کند، هرچند اصول و مبانی آزمون دینامومتر تغییر چندانی نکرده‌اند. در سال ۱۹۶۷، اصلاح یک دور آزمایش اغلب زمان زیادی می‌برد، به خصوص هنگامیکه زمان محدود بود. امروزه، تمامی عوامل اصلاحی به صورت لحظه‌ای نمایش داده می‌شوند، اما او همچنان بر استفاده از مقادیر فشار بارومتریک که با استفاده از ستون جیوه در سلول دینامومتر تنظیم شده‌اند، اصرار دارد. بیل همیشه به یک رویکرد عملی که بر پایه عقل سلیم است تکیه می‌کند. او همچنان دینامومتر را یکی از باارزش‌ترین اما کم‌فهم‌ترین ابزارهایی که برای مسابقه‌دهنده‌ها در دسترس است، می‌داند.

درباره نویسندگان



Harold Bettes



Bill Hancock

هر دو نویسنده، Harold Bettes و Bill Hancock، افراد پیشرو و مستقل هستند. آن‌ها در طول دوران حرفه‌ای خود با تفکر مستقل و تجربه گسترده، اکنون به ما محتوای مفید و آموزنده‌ای را ارائه کرده‌اند که مدت‌ها انتظار آن را می‌کشیدیم. دانش ترکیبی آن‌ها تجربیات شما از دینامومتر را غنی‌تر خواهد کرد. تمام اطلاعات لازم در این کتاب موجود است.

هارولد بتس، فارغ‌التحصیل مهندسی مکانیک از تگزاس، تمام زندگی حرفه‌ای خود را به عنوان یک علاقه‌مند به ماشین‌آلات و موتورهای سپری کرده است. برای بیش از ۴۵ سال، او خود را در تقریباً تمامی جنبه‌های آزمایش دینامومتر از سطح مسابقات محلی تا پیچیده‌ترین موتورهای در دنیای مسابقات غرق کرده است. تفکرات پرسشگر او حتی بر جامعه مهندسان خودرو (SAE) و صنایع خودروسازی اصلی تأثیرگذار بوده است. از میان دستاوردها و شناخته‌شده‌ترین فعالیت‌های او، رهبری در تأسیس و توسعه کنفرانس فناوری مهندسی پیشرفته (AETC) است که به او این امکان را داد تا در صنعت خودرو، دانش و تجربه‌اش را به دیگران انتقال دهد. در سال ۲۰۰۵، او به دلیل تلاش‌های بی‌وقفه در جهت توسعه صنعت خودروهای با عملکرد بالا، جایزه دستاوردهای زندگی از AETC را دریافت کرد. متأسفانه صنعت اتومبیل رانی این اسطوره بزرگ را در سال ۲۰۲۱ از دست داد.

بیل هنکاک، نیز یک مهندس مکانیک است که با زمینه‌ای قوی در مسابقات خودرویی وارد این صفحات شده است. او که از ویرجینیا می‌آید، تجربه خود در موتوراسپورت را با شرکت در مسابقات درگ آغاز کرد و سپس به عنوان مشاور فنی و ارائه‌دهنده مشاوره فنی و تخصصی برای تیم‌های NASCAR به شرکت کرایسلر پیوست.



تصویر متعلق به مسابقات NASCAR

پس از پایان فعالیت خود در کرایسلر، بیل در سال ۱۹۷۹ شرکت "Arrow Racing Engines" را تأسیس کرد. این شرکت با استفاده از مدل تجاری آزمایش و توسعه موتور، بیش از ۲۰۰ قطعه موتور خصوصی تولید کرد. تمامی این فرآیندها با آزمایش‌های مداوم و تکنیک‌های ارزیابی داده‌ها صورت گرفت که در صفحات این کتاب با شما به اشتراک گذاشته شده‌اند. درست مانند هارولد، بیل نیز مقالات علمی منتشر کرده و سخنرانی‌هایی را برای مخاطبان متنوعی از علاقه‌مندان به موتوراسپورت تا دانشجویان در جامعه دانشگاهی ارائه کرده است.

تست و تحلیل داده‌های موتور دو موضوع به هم پیوسته هستند. ارزیابی یکی بدون دیگری، احتمال موفقیت برنامه‌های تست را کاهش می‌دهد. در واقع، گفته می‌شود که برنامه‌های تست موتور تنها به اندازه توانایی درک و استفاده از نتایجشان خوب هستند. این اطلاعات به شما کمک می‌کند تا شانس موفقیت در آزمایش‌های موتور و ارزیابی داده‌ها را بهبود بخشید. تجربیاتی که هارولد و بیل به اشتراک گذاشته‌اند، اطلاعاتی ارزشمند را فراهم می‌آورد و در نهایت، این کتاب به یکی از مهم‌ترین ابزارهای شما تبدیل خواهد شد.

واژه‌نامه اصطلاحات آزمایش دینامومتر

شتاب (Acceleration): شتاب به معنای نرخ تغییر سرعت است (از منظر فیزیک). در کاربردهای مسابقه‌ای، شتاب معمولاً به میزان سرعت گرفتن وسیله نقلیه از حالت سکون (درگ ریسینگ) یا خروج از پیچ‌ها (مسابقات دایره‌ای یا مسیری) اشاره دارد.

دقت (Accuracy): دقت به معنای اندازه‌گیری است که به یک استاندارد مشخص و شناخته‌شده ارجاع داده می‌شود. این اصطلاح معمولاً با واژه‌هایی مانند "صحیح" یا "درست" جایگزین می‌شود.

B.S.: یک اصطلاح قدیمی مربوط به صنعت نفت که به "رسوب اولیه" اشاره دارد. در بحث‌های مرتبط با دینامومترها، معمولاً به عنوان واکنشی به اعداد غیرقابل باور یا مشکوک استفاده می‌شود.

سیستم کنترل (Control System): سیستمی که دینامومتر را کنترل می‌کند. این سیستم به اپراتور اجازه می‌دهد که دور موتور و گشتاور دینامومتر را کنترل کند. این سیستم‌ها می‌توانند برای دینامومترهای برقی یا هیدرولیکی باشند.

شیر کنترل (Control Valve): معمولاً به شیریه اشاره دارد که روی یک ترمز آبی (water brake) در دینامومتر قرار دارد و جریان آب را به داخل یا خارج از جذب‌کننده قدرت کنترل می‌کند.

ضریب تبدیل (Conversion Factor): به عددی اطلاق می‌شود که برای تبدیل واحدها به واحدهای مرجع دیگر به کار می‌رود، مانند تبدیل اینچ به فوت یا مایل به ساعت به ثانیه.

ضریب تصحیح (Correction Factor): عددی است که برای تصحیح داده‌ها به یک استاندارد شناخته‌شده به کار می‌رود. این موضوع بسیار پیچیده است و شما باید بدانید کدام ضریب تصحیح (در صورت وجود) اعمال شده است، اعداد از کجا آمده‌اند و چه مبنایی دارند.

سیستم جمع‌آوری داده‌ها (Data Acquisition System): سیستمی است که داده‌ها را از دینامومتر جمع‌آوری می‌کند. این سیستم می‌تواند بسیار ساده باشد، اما امروزه اغلب توسط یک رایانه خارجی کنترل می‌شود. سیستم‌های متداول شامل برد الکترونیکی جمع‌آوری داده‌ها هستند که با رایانه در ارتباط هستند.

ارتفاع چگالی (Density Altitude): اصطلاحی هوانوردی است که به چگالی هوا در مقایسه با شرایط ارتفاع استاندارد جوی اشاره دارد. چگالی هوا به دما، فشار و آب موجود در جو وابسته است. برای مثال، اگر ارتفاع سایت ۳۰۰۰ فوت بالاتر از سطح دریا باشد و شرایط نشان دهد که ارتفاع چگالی ۴۵۰۰ فوت است، عملکرد موتور به تبع آن کاهش می‌یابد.

جابجایی (Displacement): به معنای تغییر موقعیت است (از منظر فیزیک). در اصطلاحات مربوط به موتورهای مسابقه‌ای، معمولاً به حجم جابجایی موتور اشاره دارد. با این حال، باید زمینه کاربرد مشخص باشد تا از اصطلاح به درستی استفاده شود.

دینامومتر (Dynamometer): دستگاهی است که برای اندازه‌گیری نیرو یا گشتاور و محاسبه قدرت استفاده می‌شود.

ET: مخفف زمان سپری‌شده (elapsed time) است که معمولاً به ثانیه بیان می‌شود. همچنین به طور مرموزی بهبود می‌یابد (هنگامیکه به عملکرد خودرو اشاره دارد) به طوری که هرچه فاصله از پیست مسابقه بیشتر باشد، عملکرد بهتر به نظر می‌رسد.

EGT: مخفف دمای گاز اگزوز (exhaust gas temperature) است.

نیرو (Force): به معنای فشار یا کشش است.

اسب بخار (Horsepower): واحد قدرت در سیستم انگلیسی است و به معنای نرخ انجام کار است. تعریف آن به این صورت است: ۱ اسب بخار = ۵۵۰ فوت-پوند در ثانیه. با توجه به روابط ریاضی، اسب بخار (Hp) برابر است با:

$$Hp = (T \times RPM) / 5252$$

و از طریق اصلاح جبری:

$$T = (Hp \times 5252) / RPM$$

$$RPM = (Hp \times 5252) / T$$

توجه داشته باشید که حتی با این تعاریف ساده، اعداد اسب بخار ممکن است در همه جا یکسان نباشند، اما باید باشند.

اینرسی (Inertia): ویژگی‌ای از ماده است که برای تغییر موقعیت یا حرکت آن نیاز به اعمال نیرو دارد. همچنین می‌توان آن را مقاومت در برابر هرگونه تغییر در حرکت یک جسم ماده‌ای دانست.

بار قانونی (Legal Ballast): اصطلاحی محاوره‌ای در ساخت موتورهای مسابقه‌ای است و معمولاً به راننده‌ها اشاره دارد. با وجود اینکه بیشتر نهادهای قانونی اجازه استفاده از بار قابل حمل را می‌دهند، اما به طور معمول بار قانونی به راننده‌ها اشاره دارد.

حاشیه خطا (Margin of Error): اصطلاحی است که گاهی با فاصله اطمینان (confidence interval) جایگزین می‌شود و به معنای تغییراتی است که هنگام انجام چندین آزمایش رخ می‌دهد. سه سطح پذیرفته شده برای آن وجود دارد: ۹۹٪، ۹۵٪ و ۹۰٪.

جرم (Mass): معیاری از مقدار ماده است.

ماده (Matter): به هر چیزی که فضا را اشغال می‌کند و وزن دارد اطلاق می‌شود.

مایل در ساعت (MPH): مخفف استاندارد برای مایل در ساعت است که معمولاً به عنوان مرجع سرعت وسایل نقلیه استفاده می‌شود. همچنین می‌تواند به سرعت سطحی دستگاه‌های چرخشی مانند سرعت چرخش دینامومتر شاسی اشاره داشته باشد. گفته می‌شود که MPH با افزایش فاصله از پیست مسابقه یا در رابطه با حجم نوشیدنی‌های بزرگسالان که در حین تعریف ماجرا مصرف شده‌اند، افزایش می‌یابد.

درصد خطا (Percentage of Error): به طور سنتی به عنوان مقدار نظری منهای مقدار واقعی تقسیم بر مقدار واقعی و ضرب در ۱۰۰ تعریف می‌شود.

جذب کننده قدرت (Power Absorber): به دستگاهی اطلاق می‌شود که در سیستم دینامومتر، قدرت را جذب می‌کند. جذب کننده قدرت می‌تواند انواع مختلفی از جمله ترمز آبی، هیدرولیکی یا موتوری داشته باشد. وظیفه جذب کننده قدرت این است که بار روی موتور یا شاسی قرار دهد و به طور معمول به سیستمی متصل است که اندازه‌گیری گشتاور و سرعت را امکان پذیر می‌سازد. به عنوان مثال، مشابه با عملکرد ترمزهای خودروی شما، ترمزها انرژی را جذب کرده و آن را به گرما تبدیل می‌کنند که سپس به هوای محیط منتقل می‌شود.

ارتفاع فشار (Pressure Altitude): اصطلاحی هوانوردی است که به قرائت‌های آلتیمتر (ارتفاع سنج) که فقط به فشار حساس است اشاره می‌کند. تنظیم فشار برای آلتیمتر هواپیما در داخل پنجره "Kollsman" قابل تنظیم است.

ارتفاع فشار همان ارتفاعی است که زمانی که تنظیم فشار به ۲۹,۹۲ اینچ جیوه تنظیم شده باشد نشان داده می‌شود. نکته: آلتیمتر هواپیما ابزار مناسبی برای تنظیمات موتور نیست.

خطای احتمالی: (Probable Error) اصطلاحی است که می‌تواند از طریق ریاضیات تعریف شود و مستقیماً به تعداد نمونه‌های گرفته‌شده مربوط است.

چگالی هوای نسبی: (Relative Air Density) به شرایط محیطی در مقایسه با شرایط شناخته‌شده چگالی هوا اشاره دارد. همچنین به فهرست فرمول‌ها مراجعه شود.

تکرارپذیری: (Repeatability) به معنای آزمایشی است که به راحتی تحت شرایط مشابه تکرار می‌شود. اغلب با اصطلاحاتی مانند سازگاری یا قابل اعتماد جایگزین می‌شود.

RPM: مخفف "دور در دقیقه" است و معمولاً به تعداد دوران هر دستگاه دورانی اشاره دارد. به طور معمول به عنوان مرجع دور موتور استفاده می‌شود.

فشار ایستگاه: (Station Pressure) اصطلاحی است که به معنای فشار در مکانی است که آزمایش در آن انجام می‌شود. معمولاً بر حسب اینچ جیوه ("Hg) بیان می‌شود اما گاهی به میلی‌متر جیوه (mmHg) یا میلی‌بار (mb) نیز نشان داده می‌شود. این فشار معمولاً از یک فشارسنج جیوه‌ای در محل آزمایش گرفته می‌شود. این فشار با فشاری که هواشناس تلویزیونی اعلام می‌کند متفاوت است، زیرا اعداد اعلام‌شده توسط آنها به سطح دریا تصحیح شده‌اند.

گشتاور: (Torque) به نیروی پیچشی اشاره دارد که بر حسب پوند-فوت (lbs-ft) بیان می‌شود. واحدها همچنین می‌توانند بر حسب اونس-اینچ (oz-in) برای سیستم‌های کوچک باشند. مراجع معمول برای واحدهای متریک نیوتن-متر (Nm) هستند. ۱ نیوتن-متر برابر با ۰,۷۳۷۵۶۱ پوند-فوت است. بیشتر آچارهای گشتاور به درستی علامت‌گذاری نشده‌اند.

سرعت: (Velocity) به نرخ جابجایی اشاره دارد (از منظر فیزیک). در اصطلاحات مسابقه‌ای، سرعت وسیله نقلیه نیز به معنای همان سرعت است.

وزن: (Weight) معیاری از نیروی جاذبه زمین بر یک جسم است.

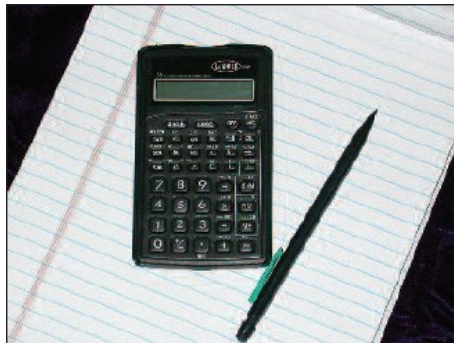
کار: (Work) به عنوان حاصلضرب نیرو در مسافت تعریف می‌شود که بر حسب فوت-پوند (ft-lbs) بیان می‌شود. برای شفافیت بیشتر، به فهرست گشتاور مراجعه کنید تا تفاوت بین این اصطلاحات روشن شود.

فصل اول: مقدمه‌ای بر دینامومترها

دینامومتر یک ابزار است—ابزاری پیچیده و مفید. مانند هر ابزار دیگری، می‌تواند به علاقه‌مندان به عملکرد کمک کند تا از وسایل نقلیه خود بهره بیشتری ببرند، اما فقط زمانی که از قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن آگاه باشند و بدانند چگونه از آن به درستی استفاده کنند. این همان ماجراجویی است که در اینجا به آن می‌پردازیم.

مجلات و وبسایت‌های مختلف پر از قطعات عملکردی هستند و ادعاهای مختلفی درباره توانایی آن‌ها از معمولی تا فوق‌العاده بیان می‌شود. اینکه یک میل‌لنگ متفاوت، میل‌بادامک، مجموعه‌ای از فنرهای سوپاپ، منی‌فولد ورودی جدید، سرسیلندرهای جدید، تایمینگ متفاوت، یا نقشه سوخت متفاوت چه تأثیری بر عملکرد شما در پیست خواهد داشت، موضوع حدس و گمان‌های زیادی است. آزمایش‌های قطعات منتشر شده خوب هستند، اما آزمایش‌های دینامومتری خودتان بسیار بهتر هستند.

دینامومتر یک ابزار اندازه‌گیری نیرو است. اگر آن را به درستی تنظیم و استفاده کنید، به شما دقیقاً می‌گوید که قطعاتی که به آن فکر می‌کنید چه می‌توانند و نمی‌توانند انجام دهند. خواندن نتایج آزمایش‌های دیگران نمی‌تواند ثابت کند موتور شما چگونه عمل خواهد کرد. اجاره یک پیست برای یک روز و دور زدن با هر ترکیب قطعات خوب است، البته اگر پول نامحدودی برای تبدیل پیست به آزمایشگاه خود دارید. یک دینامومتر، هنگامیکه به درستی استفاده شود، بهترین جایگزین است و مورد اعتمادی است که تیم‌های مسابقه و علاقه‌مندان جدی به عملکرد برای مدت‌ها از آن استفاده کرده‌اند.



این آتیم‌ها باید همراه همیشگی شما باشند اگر قصد دارید هر کاری در اطراف دینامومتر یا تست موتورها و وسایل نقلیه انجام دهید. عبارت "اعداد دروغ نمی‌گویند، اما افراد دروغگو ممکن است با آن‌ها بازی کنند" یک اصل است. هنگامیکه متوجه شوید اعداد از کجا می‌آیند، با نحوه ایجاد آن‌ها راحت‌تر خواهید شد و می‌دانید چگونه آن‌ها را تفسیر کنید.

برای اجرای یک دینامومتر، باید ریاضیات پایه‌ای را درک کنید—نیروهایی که باید اندازه‌گیری، محاسبه یا برآورد شوند. از ریاضیات نترسید. ما این مسائل را با زبانی بسیار ساده پوشش خواهیم داد. همه افرادی که دینامومتر اجرا می‌کنند این ریاضیات را می‌دانند و استفاده می‌کنند، و همه آن‌ها از نوادگان آلبرت انیشتین نیستند. شما هم می‌توانید این کار را انجام دهید. این کتاب به شما نشان خواهد داد چگونه.

تاریخچه‌ای کوتاه از دینامومترها

دینامومتر که به عنوان یک ابزار ضروری برای تنظیمات مسابقه‌ای شناخته شده است، صدها سال است که برای اندازه‌گیری نیرو یا توان مکانیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کلمه از کلمات یونانی "dunamis" (نیرو) و "metron" (اندازه‌گیری) گرفته شده است و ممکن است انتزاعی به نظر برسد، تا زمانی که کمی درباره آن‌ها بیاموزید.

اولین قدم این است که به درستی به آن‌ها اشاره کنید. دینامومتر یک "داینومتر" نیست. دومی یک نوع کاملاً متفاوت از تجهیزات اندازه‌گیری نیرو است. "داینوم" یک نام مستعار راحت است، و نام‌های دیگری نیز وجود دارند. گاهی از دینامومترهای "ترمز آبی" یا "جذب‌کننده‌های ترمز آبی" به عنوان "پمپ" یاد می‌شود، در حالی که دینامومترهای شاسی گاهی "غلطک" یا "جاده غلتکی" نامیده می‌شوند. همچنین ممکن است افرادی در دنیای دینامومتر آن‌ها را "دروغ‌سنج" و "دل‌شکن" بنامند. گاهی دینامومترهای الکتریکی به عنوان "اینداکتور" شناخته می‌شوند، که از مرجع موتورهای القایی گرفته شده است. بنابراین اگر اتاق دینامومتر با برچسب "اتاق پلی‌گراف" روبرو شدید، معنای آن را می‌فهمید.

فارغ از نام، دینامومتر یک ابزار بسیار مفید و قابل اعتماد است و در توسعه موتورهای مسابقه‌ای ضروری است. همچنین به سرعت به ابزاری تبدیل شده است که هر راننده یا سازنده خودرویی که می‌خواهد به پیست مسابقه برود، به آن نیاز دارد. بخش آزمایش آن جادویی نیست، و هر کسی می‌تواند آن را یاد بگیرد.

یادگیری زبان آزمایش دینامومتر و تنظیم موتور مسابقه در ابتدا ممکن است گیج‌کننده به نظر برسد، اما در درازمدت سودمند است. برخی از این اصطلاحات ممکن است در ابتدا عجیب یا پیچیده به نظر برسند. به آن‌ها عادت کنید. هنگامی که بیاموزید چگونه از آن‌ها استفاده کنید، به اندازه ابزارهای ساده‌تر در جعبه ابزار شما آشنا خواهند شد. بخشی از زبان فنی است و بخشی دیگر زبان عامیانه است، اما این زبان جامعه آزمایش است. آزمایش بیشتر از حدس زدن ثابت می‌کند، بنابراین فرآیندی را که به دایره برنده‌ها منجر می‌شود، بیاموزید.

شما در حال یادگیری فناوری‌ای هستید که صدها سال قدمت دارد، و اگر آن‌ها در آن زمان می‌توانستند از آن استفاده کنند، شما هم می‌توانید آن را در قرن ۲۱ بیاموزید. در اینجا برخی از نقاط عطف توسعه دینامومتر آورده شده است تا این ابزار مهم را درک کنید.

نقاط عطف در توسعه دینامومتر (تاریخ شناسی)

۱۷۵۸: جان اسمیتون (۱۷۹۲-۱۷۲۴)، که اولین بار خود را به عنوان مهندس عمران معرفی کرد (بریتانیایی)، از دینامومتر نوع طنابی در آسیاب‌های بادی استفاده کرد. زمانی که طناب‌ها داغ شدند، آن‌ها را با آب خنک می‌کرد. (انگلستان)

۱۷۸۰: جیمز وات (۱۸۱۹-۱۷۳۶)، مهندس اسکاتلندی، با استفاده از همان دینامومتر طنابی که اسمیتون استفاده کرده بود، برای اولین بار از اصطلاح "اسب بخار" استفاده کرد. این واژه به تدریج به معیاری برای اندازه‌گیری قدرت موتور و ماشین‌آلات تبدیل شد. (اسکاتلند)

۱۸۲۱: گاسپار دوپرونی (۱۸۳۹-۱۷۵۵) دینامومتر ترمز پرونی را ابداع کرد. این دینامومتر از بلوک‌های چوبی برای ایجاد اصطکاک و متوقف کردن یک محور استفاده می‌کرد. (فرانسه)

۱۸۲۲: پلویرت و فارادی اولین بار از عبارت "ترمز اسب بخار" استفاده کردند و از ترمز پرونی بهره بردند. برای خنک کردن اصطکاک ایجاد شده، آن‌ها از آب استفاده می‌کردند. (انگلستان)

۱۸۳۸: اولین دینامومتر مجهز به ابزار اندازه گیری و ثبت خودکار که شامل کشیدن یک واگن روی ریل های راه آهن بود. واگن بیش از ۵۴۰۰۰ پوند وزن داشت و ابزارهایی برای ثبت اتوماتیک داشت. این ایده به عنوان پیش درآمدی برای دینامومترهای یدک کش امروزی محسوب می شود. (انگلستان و آمریکا)

۱۸۵۸: ویلیام تامسون لرد کلوین (۱۸۲۴-۱۹۰۷) در مطالعات خود در زمینه انرژی گرمایی از دینامومتر پرونی استفاده کرد. (اسکاتلند و انگلستان)

۱۸۷۷: ویلیام فرود (۱۸۱۰-۱۸۷۹) اولین استفاده از دینامومتر هیدرولیکی را مستند کرد. دینامومتر دروازه ای او با توان ۱۹۹۷ اسب بخار و ۹۰ دور در دقیقه کار می کرد و توانست گشتاور ۱۱۶۵۳۶ پوند-فوت ایجاد کند. این دینامومتر برای کشتی های بخار استفاده می شد. (انگلستان)



این جذب کننده توان دینامومتر *Heenan-Froude* قدیمی از نوع ترمز آبی است که به تولد افسانه های موتوری از *TRACO Engineering* در اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ کمک کرد. اگر این سرباز قدیمی می توانست صحبت کند، از جادویی که در زیر رنگ خاکستری در روزهای مسابقات *Can Am* و بیشتر از آن ساخته شد، نجوا می کرد.



تنظیم سوپاپ ها تجربه ای بسیار رایج است که تا زمانی که نتایج آن را در دینامومتر اندازه گیری نکنید، به تأثیر آن بر عملکرد فکر نمی کنید. تلاش های بسیاری برای به درستی ساختن قطعات و رساندن همه چیز به تolerances مورد نظر انجام می شود، اما ما همچنان فاصله سوپاپ را با گیج فیلر تنظیم می کنیم. در یک آزمایش جالب که با مشارکت چندین سازنده معروف موتور و با استفاده از یک دستگاه تست انجام شد، مشخص شد که برای هدف فاصله گذاری ۰.۲۰ اینچ، فاصله های واقعی از ۰.۱۵ تا ۰.۲۴ اینچ متغیر بود.

۱۹۰۶: جنرال الکتریک اولین دینامومتر الکتریکی را تولید کرد. این شرکت همچنین دینامومترهای آب برک را تولید کرد، اما بیشتر به دینامومترهای الکتریکی شناخته می شد. (آمریکا)

۱۹۱۰: اوزبورن رینولدز (۱۸۴۲-۱۹۱۲) اولین ارزیابی علمی از جریان توریسی آب در داخل دینامومتر ترمز آب را انجام داد. (انگلستان)

۱۹۱۱: اولین مسابقه/یندیاناپولیس ۵۰۰ مایل برنده شد. دینامومترها به بخشی از استراتژی و آماده‌سازی تیم‌های برنده در مسابقات تبدیل شدند. (آمریکا)



تنظیم دریچه‌های موتور و اندازه‌گیری عملکرد آن در دینامومتر به مسابقات قدیمی بازمی‌گردد، جایی که عملکرد دقیق سیستم‌های موتوری بهبود یافته است.

۱۹۱۶: انجمن مهندسان خودرو (Society of Automotive Engineers) نام خود را از انجمن مهندسان اتومبیل که در سال ۱۹۰۵ تأسیس شده بود، تغییر داد. اولین معاون رئیس این انجمن Henry Ford بود. از همان ابتدا، SAE شروع به تمرکز بر ایجاد استانداردها کرد که یکی از آنها استاندارد تست دینامومتر بود. این انجمن به جامعه مهندسی تمامی صنایع حمل و نقل تبدیل شد (ایالات متحده آمریکا).

۱۹۲۸: Carl Schenck اولین کسی بود که از دینامومتر شاسی خودرو برای تست ترمز استفاده کرد (آلمان).
۱۹۳۰s: دینامومتر شاسی ثابت معرفی شد که از جذب‌کننده‌های ترمز آبی Froude برای تست لوکوموتیوهای بخار استفاده می‌کرد. این واحد بسیار بزرگ بود (انگلستان و فرانسه).

۱۹۳۱: Martin و Anthony Winther دینامومتر جذب‌کننده جریان ادی را اختراع کردند (ایالات متحده آمریکا).
۱۹۳۸: Clayton Industries یک دینامومتر شاسی خودرو را معرفی کرد که استفاده از آن برای تست کامل وسایل نقلیه خودرویی آسان بود (ایالات متحده آمریکا).

۱۹۴۰s: Hot Rod و سایر مجلات خودرویی پیشرو مقالاتی را منتشر کردند و به تست دینامومتر و مسابقات خودرو اشاره کردند. از آن زمان به بعد، همه چیز تغییر کرد. علاقه‌مندان به خودرو توانستند اعداد را مقایسه کنند یا سعی کنند اعداد را به عملکرد تبدیل کنند. با شروع جنگ جهانی دوم، صدها مرکز دینامومتر در سراسر کشور شروع به فعالیت کردند و کمک‌های مهمی در توسعه موتور برای کاربردهای نظامی فراهم کردند که برنامه‌های موتوری را بسیار بهبود بخشید. همچنین در صفحات این نشریات، "داینوی بزرگ سفید (Great White Dyno)" در Bonneville، یوتا معرفی شد. تلاش‌ها برای ثبت رکورد جهانی سرعت همچنان در آنجا انجام می‌شود. اولین پیست‌های قانونی مسابقات درگ، صنعت عملکرد خودرو را آغاز کردند NASCAR. در حدود سال ۱۹۴۹ تأسیس شد و در دوران رونق پس از جنگ جهانی دوم به سرعت رشد کرد. دینامومترها آن زمان بخشی از صحنه بودند و همچنان یکی از جنبه‌های مهم به شمار می‌آیند (ایالات متحده آمریکا).

۱۹۵۰s: در دهه ۱۹۵۰، انواع دینامومترها محبوب شدند. شرکت‌های خودروسازی OEM به سرعت وارد مسابقات NASCAR و مسابقات درگ شدند تا سهم خود را از بازار "آنچه در یکشنبه برنده می‌شود، دوشنبه فروش می‌کند" به

دست آورند. اکثر تیم‌های رقابتی به دنبال زمان تست دینامومتر بودند. در فعالیت‌های موتوراسپرت، دینامومترهای ترمز آبی ساخته شده توسط *Heenan-Froude* یا *Clayton Industries* واحدهای رایج بودند (ایالات متحده آمریکا).
۱۹۶۵: دینامومترهای *Stuska Dynamometers* (ساخته *Harvey Stuska*) و *Go-Power* (ساخته *Neal Williams*) دینامومترهای ترمز آبی موتور ارزان‌قیمتی را معرفی کردند. اولین دینامومتر برای موتورهای *go-karts* استفاده شد (ایالات متحده آمریکا).

۱۹۶۸: *N.N. Rao* یک مقاله *SAE* با شماره (۶۸۰۱۷۸) تحت عنوان "نظریه پایه دینامومترهای هیدرولیکی" در مورد جذب‌کننده‌های ترمز آبی نوشت که به عنوان یک مرجع استاندارد در طراحی و ارزیابی جذب‌کننده‌های قدرت ترمز آبی تبدیل شد (هند).

۱۹۶۹: *Go-Power Systems* یک دینامومتر جذب‌کننده موتور تولید کرد که درست به محفظه موتور پیچ می‌شد، همانند یک گیربکس. اپراتور در نزدیکی دستگاه قرار می‌گرفت، اما این دستگاه سرعت توسعه موتور را افزایش داد. موتورهای *NASCAR* در آن زمان حدود ۴۵۰ اسب بخار قدرت تولید می‌کردند (ایالات متحده آمریکا).

۱۹۸۰: *Neal Williams* اولین دینامومتر موتور کاملاً بسته و کامپیوتری را برای مسابقه‌دهندگان معرفی کرد که داده‌هایی را ارائه می‌داد که به خوبی یا حتی بهتر از آنچه در اختیار سه شرکت بزرگ خودروسازی قرار می‌گرفت، بود و تست شتاب‌گیری خودکار را فراهم می‌کرد. چندین شرکت نوآور سیستم‌های جمع‌آوری داده‌های کامپیوتری را به دینامومترهای قدیمی‌تر اعمال کردند. با رشد قابلیت‌های تست در بازار افترمارکت، توسعه بیشتری خارج از *OEM* ها انجام شد (ایالات متحده آمریکا).

عصر حاضر: هر علاقه‌مند به عملکرد خودرو در اینترنت درباره دینامومترها و معنای اعداد صحبت می‌کند.

با کمک کافی از تست دینامومتر، موتورهای جام *NASCAR* امروزی توانایی تولید اعداد داینو حدود ۸۰۰ اسب بخار در ۹۰۰۰ دور در دقیقه را دارند، با موتورهای *V8* سوپاپ فشاردهنده ۱۶ سوپاپ و ۳۵۸ اینچ مکعب! موتورهای *F1* رقابتی به طور منظم حدود ۷۵۰ اسب بخار از موتورهای *V8* دو میل سوپاپ ۳۲ سوپاپ و حدود ۱۴۶ اینچ مکعب در ۱۹۰۰۰ دور در دقیقه تولید می‌کنند! هر دو نوع موتور به طور طبیعی بدون توربو هستند (ایالات متحده و بین‌المللی).

اصول دینامومتر

درک کامل نحوه کار دینامومتر (چه موتور و چه شاسی) برای دانشجویان، اپراتورها یا کسانی که قصد انجام تست دارند، بسیار ارزشمند است. درک چگونگی عملکرد تجهیزات یا باید عملکرد آن‌ها، به‌منظور اطمینان از اینکه داده‌های جمع‌آوری شده ارزشمند هستند، اهمیت دارد. بدون درک منبع اعداد، ممکن است به‌سادگی روی یک دستمال کاغذی یک برگه داینو خیالی بنویسید و وانمود کنید که درست است.

دینامومترهای موتور یا شاسی زمانی می‌چرخند که توسط لاستیک خودرو یا محور محرک (دینامومترهای شاسی) یا مستقیماً توسط میل‌لنگ موتور (دینامومتر موتور) به حرکت درآیند. در هر دو نوع دینامومتر، جذب‌کننده‌های جریان گردابی، ترمزهای آبی یا سایر جذب‌کننده‌های قدرت امکان اندازه‌گیری دقیق توان خروجی (اسب بخار) را فراهم می‌کنند. از آنجا که جذب توان عموماً توسط یک نوع ترمز (جذب‌کننده) انجام می‌شود، توان جذب‌شده اغلب به‌عنوان اسب بخار ترمز (*BHP*) شناخته می‌شود. یکی از اصول مهم در کار با دینامومتر این است که هنگامیکه توان جذب می‌شود، به گرما تبدیل

می‌شود. انرژی گرمایی نیز توان محسوب می‌شود. بنابراین، توان جذب‌شده (گرم) باید به هوا، آب یا مایع دیگری منتقل شود.

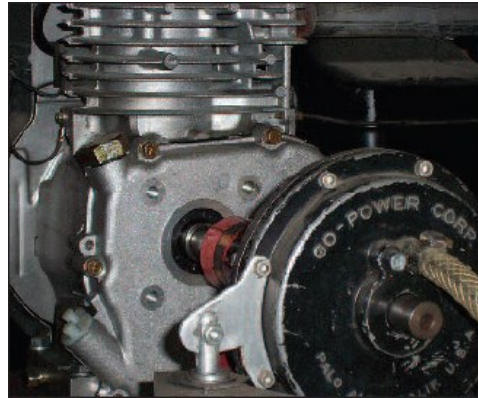
در این کتاب، ما به‌طور عمیق به بررسی دو نوع اصلی جذب‌کننده توان می‌پردازیم: جذب‌کننده‌های ترمز آبی که در دینامومترهای موتور و برخی دینامومترهای شاسی بسیار رایج هستند و جذب‌کننده‌های جریان گردابی که در هر دو نوع دینامومتر استفاده می‌شوند، اما عموماً رایج‌ترین در دینامومترهای شاسی هستند که بار را فراهم می‌کنند.



این تجهیزات به‌عنوان روتورها شناخته می‌شوند و بخشی مهم در جذب‌کننده‌های توان ترمز آبی هستند. آن‌ها از فرم‌های اولیه خود تغییر یافته‌اند. آب داخل جذب‌کننده از مسیر توریدی عبور می‌کند و توان جذب‌شده را به جریان می‌اندازد. اندازه روتور و استاتور ظرفیت جذب‌کننده را تعیین می‌کنند.

ما همچنین به‌طور مختصر به انواع صرفاً اینرسی برای اطلاعات کلی اشاره خواهیم کرد. هزاران دینامومتر شاسی صرفاً اینرسی در سراسر کشور وجود دارد. یادگیری اینکه اعداد از کجا می‌آیند و چه معنایی دارند، درک شما را گسترش می‌دهد.

جذب‌کننده‌های جریان گردابی عموماً با روتورهای آهنی (چدن، فولاد ریخته‌گری شده یا چدن گره‌ای) ساخته می‌شوند که از میدان مغناطیسی عبور می‌کنند و الکترومغناطیس‌هایی که در برابر چرخش روتورها مقاومت می‌کنند. با افزایش جریان الکتریکی به الکترومغناطیس‌ها، میدان مغناطیسی قوی‌تر شده و مقاومت بیشتری در برابر چرخش روتورها ایجاد می‌کند. جذب‌کننده معمولاً بر روی یاتاقان‌های محور اصلی نصب می‌شود تا بدنه آن به سنسور تنش مجهز شود که سیگنال گشتاور را فراهم می‌کند. جذب‌کننده‌های جریان گردابی در اندازه‌های مختلف تولید می‌شوند و هرچه بزرگ‌تر شوند، سرعت چرخش کاهش می‌یابد. اکثر جذب‌کننده‌های جریان گردابی مورد استفاده در دینامومترهای شاسی با سرعتی بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دور در دقیقه می‌چرخند. ظرفیت گشتاور جذب‌کننده‌های جریان گردابی به اندازه آن و ظرفیت الکترومغناطیس‌های آن بستگی دارد. هرچند عنصر چرخشی نباید به‌طور فیزیکی با الکترومغناطیس‌ها تماس پیدا کند (فاصله اسمی آن بین ۰,۰۳۰ اینچ تا ۰,۰۸۰ اینچ است)، اما مقاومت مغناطیسی ممکن است آن‌قدر شدید باشد که باعث خمیدگی روتورها شود و قطعات در اثر تماس آسیب ببینند. مقاومت میدان مغناطیسی می‌تواند آن‌قدر زیاد باشد که روتورها به رنگ آبی تبدیل شوند، که نشان‌دهنده دمای حداقل ۵۷۰ تا ۶۰۰ درجه فارنهایت است. جذب‌کننده‌های جریان گردابی گرمای خود را به هوا یا مایع، بسته به طراحی، منتقل می‌کنند.



دسترسی به دینامومترهای با ترمز آبی ارزان قیمت برای اولین بار در بازارهای کارتینگ و سپس خودروسازی باعث رشد چشمگیر توسعه موتور شد. واحد کوچک موجود در تصویر یک Go-Power DY-7 است که هنوز هم در حال استفاده است و در اواسط دهه ۱۹۶۰ ساخته شده است.



این بازوی گشتاور برای افزایش ظرفیت اسب بخار اصلاح شده است. دستگاه درست زیر بازوی گشتاور یک سنسور تنش است که زمانی که بار سنسور تنش را کشش می‌دهد، سیگنال الکتریکی را به سیستم جمع‌آوری داده ارسال می‌کند. عکس از *Dynamic Test Systems*

ترمز آبی : جذب‌کننده‌های توان ترمز آبی از یک عنصر چرخشی به نام روتور (برخی از آن‌ها از چندین روتور استفاده می‌کنند) که به محور اصلی متصل است ساخته می‌شوند. عنصر ثابت، استاتور نامیده می‌شود. هم روتور و هم استاتور به فنجان یا پره‌هایی مجهز هستند و تنها اتصال بین روتور و استاتور آب جاری در جذب‌کننده است. جالب است که انتقال حرارتی هیدروکینتیک به شکل مسیر توریدی (شکل دونات) صورت می‌گیرد که آب به‌طور مداوم انرژی را از روتور به استاتور منتقل می‌کند. در داخل جذب‌کننده ترمز آبی، مناطقی وجود دارد که در واقع آب زیادی نمی‌بینند و به‌عنوان تهویه هوا به اتمسفر عمل می‌کنند. بدون این تهویه هوا، پاسخ گذرا جذب‌کننده کند یا تنبل است و محل تهویه‌ها و ورودی‌های آب به‌اندازه علم، هنر محسوب می‌شود.

از نظر ریاضی، ظرفیت گشتاور جذب‌کننده‌های هیدرولیکی (ترمز آبی) تابعی از توان پنجم قطر روتور است. ظرفیت توان جذب‌کننده ترمز آبی تابعی از توان سوم قطر روتور است. شکل فنجان‌ها یا پره‌ها و زوایایی که استفاده می‌شوند اغلب نتیجه ورودی‌های آزمایش تجربی در طراحی نهایی هستند. برخی از تکنیک‌های مشابه که برای مطالعه جذب‌کننده‌های ترمز آبی استفاده می‌شود، در طراحی مبدل‌های گشتاور گیربکس‌های اتوماتیک نیز به کار می‌روند.

سیستم‌های کنترل اولیه در جذب‌کننده‌های ترمز آبی دشوار و با دقت پایین بودند. الکترونیک مدرن و یکپارچگی خوب شیرهای کنترل الکترومکانیکی کنترل را به‌طور قابل توجهی بهبود داده است. در آزمایش‌های پایدار دقیق، معمول است که کنترل با دقت $\pm 5\%$ دور در دقیقه امکان‌پذیر باشد.

مشکل اصلی دینامومترهای ترمز آبی، احتمال آسیب ناشی از کاویتاسیون است که می‌تواند باعث خوردگی سطح و فرسایش شود. طراحی و انتخاب مواد توسط سازنده در کاهش آسیب‌های ناشی از خوردگی و کاویتاسیون بسیار حیاتی است. آب نیز موردی اساسی برای کنترل در محدوده‌های توصیه‌شده است.



این دو روتور برای بهبود عملکرد دینامومتر اصلاح شده‌اند. سوراخ‌هایی که در روتور سمت چپ ایجاد شده‌اند به کاهش فشار در جیب‌های پشت آن کمک می‌کنند و کاویتاسیون را کاهش می‌دهند. قطر روتور سمت راست کاهش یافته است که ظرفیت گشتاور جذب‌کننده را کاهش می‌دهد. برای اینکه برخی افراد نگران نشوند، هیچ‌یک از این واحدها تحت گارانتی نبوده‌اند و هر دو برای حل مشکلات خاصی که توسط اپراتورها در میدان تجربه شده بود، اصلاح شده‌اند.

دینامومتر شاسی: ارزیابی توان یک موتور به صورت نصب‌شده می‌تواند با تست خودروهای مسابقه‌ای یا خودروهای عملکردی شهری، از جمله موتورسیکلت‌ها، بر روی دینامومتر شاسی انجام شود. برای به دست آوردن نتایج معنادار، باید رویه‌های صحیح تست رعایت شوند. همچنین ضروری است که تجهیزات تست بسیار دقیق باشند. روش‌های صحیح جوی باید از دستورالعمل‌های تعریف‌شده پیروی کنند تا استانداردهای مشخص برای مقایسه داده‌ها قابل استفاده باشند.

نحوه عملکرد دینامومترهای شاسی: چرخ‌های محرک در تماس با یک رول (غلطک) قرار می‌گیرند تا نیروی منتقل شده از طریق سطح تماس لاستیک اندازه‌گیری شود. رول با استفاده از یک جذب‌کننده توان (جریان گردابی، ترمز آبی یا ترمز اصطکاکی) یا به‌تنهایی از طریق اینرسی خود، در برابر نیروی اعمال‌شده توسط چرخ‌های محرک مقاومت می‌کند. دینامومترهای شاسی با ترمز جذب‌کننده توان معمولاً مجهز به ابزارهایی برای اندازه‌گیری گشتاور و سرعت رول هستند. دینامومترهای صرفاً اینرسی باید برای سرعت رول ابزار داشته باشند و گشتاور را مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌کنند، اما گشتاور از طریق رابطه‌ی شناخته‌شده توان، سرعت و گشتاور محاسبه می‌شود. برای دقت بالا و مقایسه با سایر دینامومترها، اینرسی دقیق رول و سیستم محرک باید مشخص باشد.

دینامومترهای شاسی در انواع مختلفی طراحی می‌شوند و معمولاً یا دو چرخ محرک (2WD) یا چهار چرخ محرک (AWD) هستند. در مورد موتورسیکلت‌ها، معمولاً تنها یک رول برای چرخ محرک وجود دارد.

دینامومترهای شاسی جذب‌کننده توان دارای نوعی جذب‌کننده توان (ترمز آبی، ترمز الکتریکی یا ترمز اصطکاکی) هستند که به رول‌های در تماس با چرخ‌های محرک وسیله نقلیه آزمایش‌شده متصل یا توسط آن‌ها هدایت می‌شوند. بار جذب‌کننده می‌تواند توسط سیستم کنترل تغییر کند تا توان را در سرعت ثابت یا در حین شتاب‌گیری جذب کند. بار جذب‌کننده روی

سیستم کنترل می‌شود تا شتاب‌گیری در یک نرخ ثابت حفظ شود. دینامومترهای شاسی جذب‌کننده توان می‌توانند برنامه‌ریزی شوند تا شبیه‌سازی مسیرهای مسابقه‌ای برای ارزیابی ماندگاری، سیستم‌های محرک و خنک‌سازی انجام دهند. برخی از واحدها حتی می‌توانند به گونه‌ای برنامه‌ریزی شوند که بار وسیله نقلیه آزمایشی را در برابر سرعت از نظر ضررهای آیرودینامیکی و سیستم‌های محرک تغییر دهند.

عملکرد دینامومترهای اینرسی: دینامومترهای شاسی صرفاً اینرسی نمی‌توانند توان را در سرعت ثابت اندازه‌گیری کنند یا شرایط بارگذاری مسابقه را شبیه‌سازی کنند. سیستم رول و محرک که در تماس با چرخ‌های محرک وسیله نقلیه است، باید دارای مقدار اینرسی مشخصی باشد تا نتایج دقیق آزمون حاصل شود. از آنجا که اینرسی سیستم رول ثابت است، اگر زمان طی شده در شتاب‌گیری جرم به‌طور دقیق اندازه‌گیری شود، توان محاسبه می‌شود. توان در دینامومترهای شاسی صرفاً اینرسی از طریق اندازه‌گیری زمان شتاب‌گیری رول‌ها که توسط چرخ‌ها هدایت می‌شوند، محاسبه می‌شود. طراحی‌های معمول گشتاور را در هر نقطه داده محاسبه می‌کنند و فرض می‌کنند که ضرری در سیستم محرک وجود دارد تا توان و گشتاور موتور محاسبه شود. توان بالاتر، رول را در زمان کمتری نسبت به توان کمتر شتاب می‌دهد. اندازه‌گیری دقیق اینرسی، زمان و سرعت رول برای داشتن ارزیابی دقیق از توان بسیار مهم است. دینامومترهای شاسی صرفاً اینرسی نمی‌توانند به راحتی در محل تنظیم شوند و دقت آن‌ها به اینرسی شناخته‌شده وابسته است.

اسب بخار: پایه واقعی برای رقابت قدرت: اسب بخار چیست و از کجا آمده است؟

جیمز وات، یک کارآفرین و مهندس اسکاتلندی، اولین بار در سال ۱۷۸۰ از اصطلاح اسب بخار (HP) استفاده کرد. او موتور بخار را اصلاح کرده بود به گونه‌ای که به‌طور قابل توجهی کارآمدتر شده و توان بیشتری نسبت به سایر موتورها در آن زمان تولید می‌کرد. اما وات در فروش این منبع قدرت بهبود یافته با مشکل مواجه بود و به دنبال روشی ساده برای بیان توان بود تا مردم بتوانند برتری ماشین او را درک کنند.

اسب‌ها منبع قدرت جهانی آن زمان بودند، بنابراین وات آن‌ها را به‌عنوان نمادی از این مفهوم انتخاب کرد (او از اسب‌های بارکش که بزرگ‌تر و قوی‌تر از اسب‌های معمولی هستند استفاده کرد). با مشاهده کار اسب‌ها در معادن زغال‌سنگ، وات تعیین کرد که آن‌ها می‌توانند ۲۲۰۰۰ پوند را به مدت یک دقیقه به اندازه یک فوت جابه‌جا کنند. او ۵۰ درصد به این مقدار اضافه کرد و تعریف کرد که یک اسب بخار معادل توان لازم برای جابه‌جا کردن ۳۳۰۰۰ پوند به اندازه یک فوت در یک دقیقه است.

گشتاور چیست و چگونه در موضوع اسب بخار نقش دارد؟

گشتاور یک نیروی چرخشی است که با پوند-فوت (lbs-ft) یا نیوتن متر (Nm) در سیستم متریک اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر تبدیل بین این دو سیستم به این صورت است:

$$۱ \text{ پوند-فوت} = ۱,۳۵۵۸۲ \text{ نیوتن متر}$$

$$۱ \text{ نیوتن متر} = ۰,۷۳۷۵۶۱ \text{ پوند-فوت}$$

نکته قابل توجه این است که گشتاور سنج‌ها غالباً به اشتباه به‌عنوان فوت-پوند علامت‌گذاری می‌شوند، در حالی که در واقع آن‌ها باید پوند-فوت باشند. اما اکنون که تفاوت آن‌ها را می‌دانید، می‌توانید با اطمینان بیشتری در این باره صحبت کنید و به دیگران نیز کمک کنید تا اطلاعات دقیق‌تری را بیاموزند. این ممکن است به نظر جزئی برسد، اما برای کسانی که به جزئیات اهمیت می‌دهند، همین نکته کوچک می‌تواند تفاوت‌های مهمی ایجاد کند.

موتورهای راکت، تفنگ‌ها و توپ‌ها به‌طور معمول با انرژی پوند-فوت (foot-pounds of energy) ارزیابی می‌شوند، یعنی مقدار کاری که می‌توانند انجام دهند. به‌عنوان مثال، یک تپانچه قدیمی ارتش کالیبر ۴۵ معمولاً با انرژی دهانه‌ای ۳۸۰ پوند-فوتی ارزیابی می‌شود. این مقدار گشتاور نیست! اگر شما ۵۰ پوند وزن را به فاصله ۱۰۰ فوت جابه‌جا کنید، $50 \times 100 = 5000$ پوند-فوت کار انجام داده‌اید. این مرجع برای کار است، نه برای گشتاور!



این قطعه مقاوم داخل یک جاذب توان DTS است که از یک روتور دو طرفه تشکیل شده (که بر هر دو طرف خود دارای پره‌هاست) و از آلیاژ آلومینیوم برنز مقاوم به خوردگی ساخته شده است. شفت اصلی ضخیمی از میان روتور عبور می‌کند و توسط موتور به حرکت درمی‌آید. قطر روتورها و استاتورها، توان گشتاور این جاذب توان را تعیین می‌کند.



این جاذب توان توسط شرکت Saenz Dynamometers ساخته شده است و عکس، محل قرارگیری گیرنده مغناطیسی و چرخ‌دنده اندازه‌گیری دور در دقیقه (RPM) را نشان می‌دهد. این جاذب‌ها از چدن انعطاف‌پذیر برای مقاومت بیشتر و جلوگیری از خوردگی ساخته شده‌اند. آن‌ها می‌توانند با روتورهای متعدد برای افزایش ظرفیت توان تجهیز شوند و به کاربردهای خاصی سازگار شوند.

اکنون اگر شما ۵۰ پوند وزن را به فاصله ۱۰۰ فوت در ۶۰ ثانیه جابه‌جا کنید، کار تقسیم بر زمان، توان تولیدشده را نشان می‌دهد. در این مثال، ۸۳,۳۳ پوند-فوت بر ثانیه توان تولید شده است. چه میزان اسب بخار لازم بود تا این کار انجام شود؟ ۸۳,۳۳ پوند-فوت بر ثانیه تقسیم بر ۵۵۰ پوند-فوت بر ثانیه معادل ۰,۱۵۲ اسب بخار است! در واقع، میانگین روزانه توان تولیدی توسط یک انسان حدود ۰,۱۳۴ اسب بخار است. بنابراین، جابه‌جا کردن ۵۰ پوند به فاصله ۱۰۰ فوت در ۶۰ ثانیه، در طول روز، واقعاً کار سختی خواهد بود!

اسب بخار چگونه محاسبه می‌شود؟

اسب بخار معادل ضرب گشتاور در دور در دقیقه (RPM) است، که سپس بر عدد ثابت ۵۲۵۲ تقسیم می‌شود. این رابطه به‌صورت ریاضی به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$HP = (T \times RPM) / 5252$$

که در اینجا HP = اسب بخار، T = گشتاور، RPM = دور در دقیقه و ۵۲۵۲ عدد ثابت است که پیشتر توضیح داده شد. اگر کمی جبر را به کار ببرید، می‌توانید به راحتی رابطه‌ای برای گشتاور یا دور در دقیقه به دست آورید.

$$HP = (T \times RPM) / ۵۲۵۲$$

$$T = (HP \times ۵۲۵۲) / RPM$$

$$RPM = (HP \times ۵۲۵۲) / T$$

در ۵۲۵۲ دور در دقیقه، مقادیر گشتاور و اسب بخار برابر هستند. در یک نمودار که گشتاور و اسب بخار از یک مقیاس استفاده می‌کنند، دو منحنی باید دقیقاً در ۵۲۵۲ دور در دقیقه با یکدیگر تلاقی کنند، در غیر این صورت، محاسبات اشتباه انجام شده‌اند. اگر داده‌ها به صورت جدول ارائه شده باشند، باید در ۵۲۵۲ دور در دقیقه، مقادیر RPM ، اسب بخار و گشتاور یکسان باشند.

تفاوت بین اسب بخار و گشتاور چیست؟

افراد علاقه‌مند به خودرو و مسابقه‌دهندگان اغلب اعداد مربوط به اسب بخار و گشتاور را برای نشان دادن عملکرد خودروهای خود به کار می‌برند. اما کدام یک برای عملکرد خودرو اهمیت بیشتری دارد؟ بگذارید هر دو مفهوم را بیشتر بررسی کنیم. موتور هنگامیکه مخلوط هوا و سوخت را مشتعل می‌کند، پیستون‌ها را به پایین می‌فشارد و باعث چرخش میل‌لنگ می‌شود. همان‌طور که گفتیم، گشتاور یک نیروی چرخشی است. اما نه تمام انرژی سوخت به فلای‌ویل منتقل می‌شود؛ بخشی از آن به خاطر اصطکاک از بین می‌رود. اگر بخواهید به‌طور فنی دوستان خود را تحت‌تاثیر قرار دهید، فشار روی بالای پیستون به عنوان فشار متوسط مؤثر اندیکاتور ($IMEP$) شناخته می‌شود. انرژی‌ای که به دلیل اصطکاک پیستون‌ها و میل‌لنگ از بین می‌رود، به عنوان فشار متوسط مؤثر اصطکاکی ($FMEP$) شناخته می‌شود. تفاوت میان $IMEP$ و $FMEP$ چیزی است که به آن فشار متوسط مؤثر ترمزی ($BMEP$) می‌گوییم. گشتاور موتور که توسط دینامومتر اندازه‌گیری می‌شود، می‌تواند عددی برای $BMEP$ (فشار متوسط مؤثر ترمزی) فراهم کند. برای به دست آوردن این عدد، گشتاور اندازه‌گیری شده را در ۱۵۰.۸ ضرب کرده و آن را بر حجم موتور بر حسب اینچ مکعب تقسیم کنید. نتیجه، فشار متوسط مؤثر ترمزی ($BMEP$) را به پوند بر اینچ مربع (psi) برای موتورهای چهارزمانه نشان می‌دهد.



در تصویر بالا یک دینامومتر شاسی چهارچرخ متحرک (AWD) را می‌بینیم که هم برای آزمایش‌های بارگذاری شده و هم بدون بار استفاده می‌شود. این دینامومتر قابلیت تست‌های اینرسی و بارگذاری شده را دارد و در خودروهای کامل به راحتی به کار می‌رود.

اسببخار نیرویی را توصیف می‌کند که وسیله نقلیه، هواپیما یا هر جسم دیگری را از طریق این دنیای پر از اصطکاک حرکت می‌دهد. اگر بخواهیم سریع‌تر حرکت کنیم، به اسببخار بیشتری نیاز داریم. برای مقایسه اسببخار و گشتاور، می‌توان این‌طور توضیح داد: فرض کنید دو خودرو کوروت با گشتاور یکسان مسابقه دهند، اما یکی از آن‌ها اسببخار بیشتری داشته باشد. در ابتدای حرکت، هر دو خودرو با هم شروع به حرکت می‌کنند—چرا که شروع حرکت وابسته به گشتاور است (نیرویی که میل‌لنگ، شفت انتقال نیرو و در نهایت چرخ‌های خودرو را می‌چرخاند)—اما خودرویی که اسببخار بیشتری دارد، به مرور زمان فاصله می‌گیرد؛ زیرا مقاومت اصطکاکی باعث کندتر شدن شتاب خودروی دیگر می‌شود. اسببخار اضافی، خودرو را در مقابل مقاومت اصطکاکی بالاتر همچنان به شتاب‌دهی ادامه می‌دهد. آیا باید بگوییم گشتاور در مسابقات درگ اهمیت بیشتری دارد و اسببخار در مسابقات جاده‌ای؟ نه لزوماً، اما می‌توان منطقی بودن این گفته را درک کرد.



دینامومترهای موتورسیکلت نیز بسیار محبوب هستند. طراحی آن‌ها از مدل‌های صرفاً اینرسی تا مدل‌هایی با قابلیت بارگذاری کامل متفاوت است. برای مپ کردن از واحدهای EFi به طور مؤثر، آزمایش‌های بارگذاری شده لازم است. نگاهی دقیق به عکس بیندازید؛ چیزی بیشتر از ظاهر چرخ‌ها در اینجا وجود دارد. به محل تماس لاستیک با زمین و زنجیر موتور دقت کنید؛ همه این عوامل برای انجام آزمایش‌های دقیق، قابل اعتماد و تکرارپذیر اهمیت دارند. یک مشاهده بهتر این است که وسایل نقلیه سریع‌تر و تندتر معمولاً اسببخار متوسط بیشتری دارند. اسببخار اوج و گشتاور اوج بهترین شاخص‌های عملکرد نیستند. پکیجی که بیشترین مساحت زیر منحنی اسببخار را داشته باشد، برتری دارد. اگر خودروی مسابقه‌ای در حین تعویض دنده به زیر محدوده مؤثر قدرت بیفتد، سرعت و زمان خود را از دست می‌دهد. موتوری با محدوده قدرت گسترده، هم برای مسابقه و هم تنظیم، لذت‌بخش است؛ زیرا در مقایسه با موتورهایی با محدوده قدرت محدود، در نقاط تعویض دنده بخشنده‌تر است.



این دینامومتر شاسی خاص، یک دینامومتر چهارچرخ محرک (AWD) از Dyno Dynamics است که دارای تنظیمات خودکار فاصله محورهاست. دینامومتر از پیکربندی غلتک‌های گهواره‌ای استفاده می‌کند که عملاً تایرها را درون خود جای می‌دهد. خودروی قرمز رنگی که روی دینامومتر قرار گرفته بود، قدرت خوبی تولید کرد زیرا دو توربو در آن نصب شده بود.

به یاد داشته باشید که می‌توانید گشتاور بدون اسب‌بخار داشته باشید، اما نمی‌توانید اسب‌بخار بدون گشتاور داشته باشید. این یک مثال است: در دفترچه راهنما از شما خواسته شده تا مهره‌های چرخ را به ۷۰ lbs-ft و پیچ‌های سرسیلندر را به ۷۵-۸۰ lbs-ft سفت کنید. در اینجا اسب‌بخار صفر است زیرا شما با آچار دور در دقیقه تولید نمی‌کنید. چون $T = HP \times 5252 / RPM$ است، این یک کسر با صورت صفر است که برابر با صفر می‌شود. حالا این مثال را مقایسه کنید: مشخصات گشتاور موتور نشان می‌دهد که ۵۰۰ lbs-ft در ۴۱۰۰ دور در دقیقه تولید می‌کند (توجه داشته باشید که به RPM اشاره دارد. (اینجا اسب‌بخار وجود دارد: $HP = 39.33 = 5252 / (500 \times 4100)$ اسب‌بخار.



خودروی Subaru واگن روی غلتک‌ها قرار گرفته است. توسط تکنسین دینامومتر اداره می‌شود و تماشاگرانی که از این خودرو برای رفت‌وآمد روزمره استفاده می‌کنند، با علاقه آن را دنبال می‌کنند. این خودروهای Subaru قدرت زیادی تولید می‌کنند و چون چهارچرخ محرک (AWD) هستند، نیروی خود را به‌خوبی به غلتک‌ها منتقل می‌کنند.



این یک آچار ترکمتر است. این ابزار دقیق به‌طور منظم کالیبره می‌شود (درست مثل یک دینامومتر) و هنگامی که از آن استفاده نمی‌شود، در جعبه نگهداری خود قرار می‌گیرد. آچار گشتاور به‌اشتباه با واحد $ft-lbs$ علامت‌گذاری شده است به‌جای $lbs-ft$ این اشتباهی رایج است، زیرا بسیاری از مردم تفاوت در این اصطلاحات را به‌طور کلی یا دقیق نمی‌دانند. در واقع، این ابزار یک آچار اصطکاکی است. اگر پیچ‌ها را با استفاده از یک گیج کششی سفت کنید، این موضوع را خواهید دانست.

اصطلاحات زیادی درباره اسب‌بخار و گشتاور در مفاهیم موتوری وجود دارد. اصطلاحاتی مانند FHP (اسب‌بخار اصطکاکی)، CBHP (اسب‌بخار اصلاح‌شده ترمز)، OHP (اسب‌بخار مشاهده‌شده)، IHP (اسب‌بخار نشان‌داده‌شده)، FT (گشتاور اصطکاکی)، CBT (گشتاور اصلاح‌شده ترمز)، OT (گشتاور مشاهده‌شده)، IT (گشتاور نشان‌داده‌شده) و دیگر اصطلاحات جالب دیگر که ارزش بررسی و مطالعه دارند.