



ادعای نوآوری در سختی سنجی فلز است

هدف- ارائه یک دستگاه سختی سنج پرتابل دینامیک فلزات با قابلیت های سودمند جدید.

مقدمه:

شرکت تجهیزات دقیق شاب ساری

اهمیت کاربرد فلزات در تمامی عرصه های زندگی برای همه آشکار است و هیچ فعالیت صنعتی بدون دخالت مستقیم و غیر مستقیم فلزات یافت نمی شود. پیدایش و پیشرفت صنایع صنعتی حمل و نقل (زمینی-دریایی-هوایی)، راه و ساختمان، هوا فضا، نظامی، تولید و توزیع انرژی، راه و ساختمان و شاید تمامی صنایع بدون کاربرد فلزات غیر قابل تصور می باشند.

دربین پارامترهای هر قطعه فلزی، به غیر از ساختار شیمیایی و شکل فیزیکی، الگوی سختی فلزات پارامتری بسیار مهم می باشد. به طور کلی مقاومت جسم در مقابل شیمی فرورونده یا ساینده، معرف سختی آن جسم می باشد. مثلاً یک چاقو، بدون سختی معین در لبه ی برنده ارزشی ندارد چون در غیر این صورت یا به سرعت کند شده و یا با اولین فشار خواهد شکست. یک چرخ دنده گیربکس خودرو نیز باید در سطح دندانه ها سخت بوده و در مغز از سختی متوسطی برخوردار باشد. سازه های فلزی ساختمان و لوله های انتقال گاز های پر فشار همه و همه باید از الگوی سختی مناسبی برخوردار باشند تا از پارگی و شکستگی آنها جلوگیری به عمل آید این مثالهای پایانی ندارند و به اندازه موارد استفاده فلزات بحث سختی آنان وجود دارد.

استاندارد های متعدد مختلف به دقت این الگوها را تبیین کرده و سازندگان و تولید کنندگان ملزم به رعایت کردن آنها می باشند. در این میان دستگاه های سختی سنج فلزات، اصلی ترین وسیله ی محک زدن سختی یک قطعه یا سازنده فلزی می باشند. بشر از ابتدای کشف فلزات اهمیت سختی آنها را درک کرده بود و به دنبال پیدا کردن روشی برای تعیین میزان سختی، دست به کارهای مختلفی می زد. مثلاً از اولین روشهای تعیین سختی کشید یک جسم سخت روی فلزات و مشاهده اثر به جا مانده بود یا کوبیدن دو فلز به هم و مشاهده تأثیرات آنها. با پیشرفت صنایع مختلف و نیاز به تعیین دقیقتر سختی فلزات، روشها و دستگاههایی برای این کار اختراع گشت.

در سال 1900 میلادی اولین روش سختی سنج استاندارد شده توسط مهندس سوئدی بنام Johan August Brinell اختراع گردید و به افتخار مخترع آن سختی سنجی برینل نام گرفت. روش مشهور راکول (Rock well) نیز در سال 1914 ثبت پتنت گردید. در سال 1924 نیز روش ویکرز اختراع شد. این سه روش اصلی ترین روش های سختی می باشند که تا به امروز به وفور استفاده می گردند. هر سه روش مذکور، جزو روشهای سختی سنج استاتیک می باشند که با سختی سنجی دینامیک (که سختی الاستیک فلز را اندازه میگیرد) تفاوت داشته اما رابطه نسبتاً دقیقی با هم دارند، در اندازه گیری سختی استاتیک فرورونده ای (ایندنتور- Indenter) از جنس سخت (مثلاً الماس طبیعی- diamond) با نیرویی معین، به مدت معینی روی قطعه مورد آزمایش اثر میگذارد. بعد از برداشتن نیرو بخشی از فلز تحت تأثیر نیروی پیوند های بین مولکولی به حالت اول برگشته و بخش دیگری تغییر شکل دائمی (پلاستیک) می دهد و در نتیجه اثری قابل مشاهده به جای می ماند. با اندازه گیری قطر یا مساحت یا عمق اثر به جا مانده سختی و ویکرز یا برینل یا راکول از طریق معادلات ریاضی معینی بدست می آید. به طور کلی هرچه اثر برزگتر باشد سختی قطعه کمتر خواهد بود. یکی از محدودیت های روش های سختی سنجی استاتیک مربوط به

این می شود که قطعه کار باید روی سندان دستگاه قرار بگیرد و در نتیجه سختی سنجی قطعات بزرگ و سنگین و سازه های ثابت مشکل یا غیر ممکن میباشد به همین دلیل روشهای سختی سنجی دینامیک پرتابل جهت اندازه گیری قطعات سنگین و پر حجم بوجود آمد. در این روشها پرتابه ای (Impact Body) که در نوک آن جسمی سخت و به شکلی معین (عمدتاً کروی) نصب شده، با سرعت معینی توسط پرتابگر (Impact Device)، به سمت جسم پرتاب می شود و سپس از برخورد تحت تاثیر نیروی پیوند های بین مولکولی قطعه کار، بر می گردد.

هرچه جسم سخت تر باشد، سرعت برگشت بیشتر است، به زبان دیگر مدول یانگِ نوک پرتابه و جسم (E modulus) پرتابه را بر می جهانند.

در سال 1977 تنها روش استاندارد شده سختی سنجی پرتابل دینامیک توسط مهندس Dietmar Leeb از شرکت Proseq-SA-Zorich اختراع شد و تحت شماره و عنوان ASTM A 956 در USA استاندارد شد و از آن به بعد به عنوان تنها روش سختی سنجی دینامیک استاندارد شده ابتدا توسط شرکت proseq (به نام سختی سنج equotip) و سپس توسط چندین شرکت دیگر در جهان تولید می شود. اصول فیزیکی روش لیب تا به امروزه ثابت مانده است و به شرح زیر می باشد:

پرتابه ای به وزن 5.5gr (در حالت استاندارد) تحت نیروی یک فنر به سمت قطعه کار شتاب میگیرد. انرژی برخورد حدود 2 متر بر ثانیه خواهد بود. در نوک پرتابه (Impact Device) ساچمه ای از جنس تنگستن کار باید با سختی حدود 1500 HV (ویکرز) و قطر 3 mm قرار دارد. پس از برخورد به قطعه کار بخشی از انرژی برخورد صرف ایجاد اثری ماندگار (پلاستیک) بروی قطعه شده و مابقی انرژی تحت تاثیر نیروی پیوندهای بین مولکولی که به شکل مدول یانگ (E modulus) تظاهر می کند، پرتابه را در جهت عکس باز میگرداند. هرچه قطعه سخت تر باشد، سرعت برگشت بیشتر خواهد بود و به همین دلیل اثر پلاستیک کوچکتر خواهد بود.

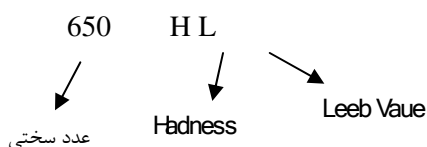
در روش لیب سرعت پرتابه قبل و بعد از برخورد در نزدیکی محل برخورد اندازه گیری می شود. این سرعت سنجی توسط مغناطیس دائمی کوچکی که داخل پرتابه نصب شده و القاء و لنتازی متناسب با سرعت پرتابه، به سیم پیچی که در نوک پرتابگر (Impact Device) نصب شده و اندازه گیری و لنتاژ مذکور انجام میگیرد شکل موج دریافتی از سیم پیچ به شکل زیر می باشد (شکل ۱)

عدد لیب از فرمول ساده زیر بدست می آید

$$\text{Leeb Value} = \frac{V_2}{V_1} \times 1000$$

از آنجا v_2 همواره کوچکتر از V_1 می باشد، عدد لیب همواره کوچکتر از 1000 می باشد.

مثلاً:



شرکت پروسک طی آزمایشات مختلف جداول برابری سختی لیب و سایر روشهای سختی سنجی را بدست آورده که نشان دهنده رابطه نسبتاً دقیق بین سختی الاستیک و پلاستیک فلزات می باشد که اولی توسط دستگاه های دینامیک و دومی توسط دستگاههای استاتیک سختی سنج اندازه گیری می شوند.

روش لیب از این جهت بسیار دقیق می باشد که در اندازه گیری سرعت برخورد هم تأثیر دارد و احتمال خطا از بابت تغییر سرعت برخورد به حداقل میرسد.

ضمناً دستگاه اکو تپ کاملاً الکترونیک بوده و تمامی قابلیت های نرم افزاری در آن موجود است مانند دارا بودن حافظه، امکان ارتباط به کامپیوتر انجام عملیات آماری اما با تمام این تفصیلات ایراداتی اساسی بر دستگاههای اکوتیپ و سایر دستگاههای مشابه وارد است که توسط دستگاه شتاب از بین رفته یا بهبود بخشیده شده است.

دستگاه SHAAB نیز بر اساس روش لیب سختی سنجی می کند اما برتری های بسیار مهمی نسبت به روش سنتی (Conventional) اکو تپ دارد و به همین دلیل میدان عملکرد سختی سنج شتاب بسیار بیشتر از دستگاههای سنتی اکوتیپ و مشابه می باشد.

برتری های دستگاه شتاب نسبت به دستگاه اکوتیپ که هنوز هم مهمترین تولید کننده سختی سنج های Leeb می باشد به شرح زیر است:

۱- استفاده از سیستم پرتاب مغناطیسی کنترل شونده به جای سیستم پرتاب فنروماشه ای اکوتیپ. این نوآوری برتری های زیر را بدست آورده است

❖ ۱.۱- سختی سنجی کاملاً اتوماتیک SHAAB در مقابل سختی سنجی نیمه اتوماتیک EquoTip به این معنا که که دستگاه شتاب کاملاً اتوماتیک

بوده و مانند دستگاه اکو تپ پس از هر تست نیاز به فشردن فنر توسط نیروی دست ندارد.

❖ ۲.۱- سرعت کار بسیار بالا (بطور متوسط 6 برابر اکوتیپ) سرعت کار با دستگاه شتاب به حداکثر 3 تست در ثانیه می رسد که در دستگاه اکوتیپ

این مقدار حداکثر یک تست در 2 ثانیه می باشد.

❖ ۳.۱- حجم کمتر و دوام بالاتر سیستم پرتاب SHAAB فنرو سیستم ماشه حذف شده و به همین دلیل از طول و

حجم پرتابگر کاسته شده و خطر شکستن فنرو فرسودگی سیستم ماشه از بین رفته است نقش ماشه را یک مگنت کوچک در ته پرتابگر بازی می

کند که پرتابه شتاب را در محل مناسب و آماده پرتاب نگاه می دارد.

دستگاه شتاب توانایی برخورداری از پرتابگری به طول 45 mm و قطر 15mm را دارد و به همین دلیل در فضا های بسیار باریکتری می تواند عمل

کند (در مقابل کوچکترین پرتابگر اکوتیپ-پرتابگر DC به طول 56mm و قطر 20mm

❖ کنترل انرژی برخورد در دستگاه SHAAB با تشخیص جهت تست انرژی پرتاب به طور اتوماتیک طوری تنظیم میگردد که سرعت برخورد در

تست، از زوایای مختلف تقریباً ثابت بماند و از این جهت ایراد مهمی که به دستگاه اکوتیپ به شرح زیر وارد است از بین میرود: سرعت برخورد

پرتابه اکوتیپ در زوایای مختلف به علت تغییر زاویه شتاب ثقل بسیار متفاوت میباشد به همین علت هنگام تست در زوایای غیر از بالا به پایین ()

با کمترین خشونت (Roughness) سطح کار دستگاه اکوتیپ سختی را بسیار کمتر نشان میدهد نشان می دهد چون با کمتر شدن سرعت برخورد،

درصد بیشتری از انرژی برخورد صرف له کردن و صاف کردن خش های روی کار گشته و سرعت برگشت به شدت کم میشود و دستگاه این

موضوع را درک نکرده و عدد سختی را کمتر نشان می دهد.

❖ ۵.۱- تغییر انرژی برخورد در دستگاه SHAAB با تغییر اساسی در انرژی پرتاب (مدت تحریک یا جریان الکتریکی تحریک) می توان دو یا

چند انرژی پرتاب با یک پرتابگر داشت. دستگاه اکوتیپ ۷ عدد پرتابگر دارد که این تعداد در دستگاه SHAAB به ۳ عدد محدود می گردد.

❖ ۶.۱- دوام بسیار بالا و قیمت پایین پرتابه (SHAAB Impact body) در مقابل قیمت حدود ۳۰ برابر و دوام بسیار پایین در اکوتیپ

پرتابه شاب از دو قسمت تشکیل شده در مقابل پرتابه اکوتیپ که متشکل از ۵ قسمت میباشد

قطعات پرتابه شاب شامل یک بدنه فولادی و یک میله تنگستن کار با باشد که داخل هم پرس شده و به کمک چسب حرارتی داخل کوره پخته شده

است ولی پرتابه اکوتیپ از ۵ قسمت قلاب+مغناطیس دائمی(یا آهنربا)+بدنه اصلی+ساجمه تنگستن کار باید+در پوش تشکیل شده که توسط پیچ و

چسب و غیر حرارتی(حرارات آهنربا را ضعیف میکند) محکم شده اند. لق شدن پیچ ها در اثر برخورد های زیاد یکی از شایع ترین خرابی های

دستگاه اکوتیپ باشد که منجر به کم نشان دادن عدد سختی و بد شدن تکرار پذیری دستگاه می گردد.

در عین حال پرتابه شاب امکان پولیش برای بارها داشته در صورتیکه پرتابه اکوتیپ یکبار مصرف بوده و هم به علت استفاده از ساجمه امکان

پولیش آن وجود ندارد و هم اصولاً بازکردن در پوش بدون آسیب رساندن به مگنت یا بدنه پرتابگر تقریباً غیر ممکن است. در ضمن در هر تست

چون نیروی فنر در پرتابگر اکوتیپ پشت پرتابه اکوتیپ می ماند دهها و شاید صدها بار برخورد برای هر تست صورت میپذیرد ولی در پرتابگر

SHAAB برای هر تست فقط یک برخورد صورت میگیرد. واضح است که این تفاوت در دوام بالاتر پرتابه SHAAB بسیار تأثیر دارد نهایتاً پرتابه

SHAAB حدود \$ 30 قیمت داشته ولی پرتابه اکوتیپ حداقل \$ 250 می باشد

❖ ۷.۱- امکان سختی سنجی قطعات دارای پستی و بلندی نوک ساجمه اکوتیپ به علت محدودیت طراحی فقط به میزان

یک الی دو دهم میلی متر از بدنه بیرون آمده و به همین دلیل قادر به سختی سنجی قطعات دارای پستی و بلندی نیست. در صورتیکه نوک پرتابه

SHAAB حدود 1 میلیمتر از در پوش بیرون می آید و این محدودیت را از بین می برد.

۲. تفاوت اصلی دیگر در نحوه اندازه گیری سرعت می باشد

۱.۲- سرعت سنجی در پرتابه SHAAB به روش نوری وبا دو الگوی مختلف انجام می گیرد.

روش اول استفاده از یک فرستنده و گیرنده نوری در بدنه پرتابگر و ایجاد شیار نوری در بدنه پرتابه است که این روش به علت استفاده از سیم های ارتباطی

کمتز مناسب دستگاههای دو تکه(پرتابگر جدا از کنترلر) می باشد و روش دیگر استفاده از دو فرستنده و گیرنده جهت سرعت سنجی می باشد. هر دو روش

این برتری را نسبت به پرتابگر اکوتیپ دارند که در میدان های مغناطیسی بسیار شدید(بیشتر از 5 گوس) هم میتوانند سختی سنجی کنند در صورتی که

دستگاههای اکوتیپ در میدان های مغناطیسی دچار خطا می شوند و حتی قادر به سختی سنجی قطعات قلزی مغناطیس شده نمی باشند

❖ ۲.۲ سرعت سنجی در دستگاه شاب مستقیماً به صورت دیجیتال اندازه گیری می شود بدین صورت که با قطع نور قلب پردازنده دستگاه شمارنده دقیق

را بکار انداخته با آمدن دوباره باریکه نوری شمارنده Stop شده و عدد بدست آمده در محل معینی جهت محاسبه سرعت ثبت می گردد. در صورتیکه

در دستگاه اکوتیپ ابتدا حداکثر میزان ولتاژ های تولید شده توسط سیم پیچ آشکارو ثبت شده سپس این مقدار آنالوگ به دیجیتال تبدیل می گردد. به

همین علت حجم مدارت دقیق و امکان بروز خطا و خرابی در دستگاه های اکوتیپ بالقوه بالا می رود. ضمناً در پرتابگر شاب به خاطر مصونیت در

مقابل ذرات و گرد و غبار و بسته شدن مجرای عبور نور از شکاف نوری به جای سوراخ استفاده شده که پاک کردن داخل پرتابگر را نیز بسیار ساده می کند. در عین حال به علت تداخل نور فرستنده ها، تحریک این فرستنده ها و دریافت از گیرنده ها و توسط الگوی مخصوصی صورت می گیرد که همواره یک جفت نوری روشن باشد. در انتها مهمترین برتری دستگاه SHAAB به کمک دو نو آوری بالا نسبت به دستگاه اکوتیپ بدست می آید.

❖ ۳. امکان استفاده از پرتابه های بسیار سبک و در نتیجه سختی سنجی قطعات نازک و سبک تا حد 4 میلیمتر (به شرط داشتن شکل لوله ای)

۱.۳- دستگاه شاب می تواند پرتابه های به وزن 0.45gr پرتاب کند. وزن کمتر یعنی امکان سختی سنجی قطعات سبکتر و نازکتر و این یعنی رهایی از بزرگترین محدودیت دستگاههای لیپ. باید توجه داشت که وزن پرتابه استاندارد اکوتیپ 5.5 گرم است و نهایتاً کوچکترین پرتابه اکوتیپ 3/2 gr وزن دارد. اما چون در پرتابه SHAAB ماشه و آهنربا و پرتابه چند قسمتی از بین رفته پرتابه ها به سادگی می توانند کوچک شوند. کوچکترین پرتابه SHAAB که از میله تنگستن کار باید به قطر 1/5 میلیمتر استفاده میکند قطری معادل 3/5 میلیمتر و طولی معادل 8 میلیمتر دارد که با توجه به لاغر بودن قسمت میانی و 6 عدد شیار عبور هوا، وزن آن به 0.45gr کاهش یافته است. و این یعنی یک قابلیت بسیار مهم که گسترده کار سختی سنجی دینامیک را به تست قطعات کوچکتر و نازکتر مانند لوله های نیروگاه ها و جوش لوله ها و جوش اسکلت های فلزی و کشتی ها و مخازن و سایر صناعی که از لوله های پرفشار استفاده می کنند و..... می رساند.

باتشکر محمد رضا

شرکت تجهیزات دقیق شاب ساری