



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-064

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

روشهای استاندارد آزمایش سختی راکول و سختی ظاهری مواد فلزی (بخش اول)

این مقیاس پایین تر از E18 توزیع شده است. عددی که این عنوان نشان می دهد نمایانگر سال پذیرش و اتخاذ آن و عدد داخل پرانتز هم نشانگر سال آخر بازبینی می باشد. یک بالانویس اپسیلون بیانگر تغییرات از زمان آخرین بازبینی می باشد. این میزان و مقیاس هم برای استفاده آژانس ها و وزارت دفاع تصویب شده است.

حد:

۱.۱. این استاندارد روش های تست سختی راکول و سختی ظاهری راکول از مواد فلزی را پوشش می دهد که شامل روش های تایید ماشین آلات جهت سنجیدن سختی راکول (قسمت B) و درجه بندی و طبقه بندی سختی بلوکها (قسمت C) می باشد.

۱.۲. مقادیر بیان شده در واحد اینچ-پوند به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده است. واحد SI تنها برای اطلاعات ارائه شده است.

۱.۳. این استاندارد به نظر می آید که همراه با نگرانی هایی هم می باشد که مسئولیت کاربر این استاندارد می باشد که ازشیوه های ایمن و سالم در کاربرد احتمال محدودیت های نظارتی قبل استفاده می کنند. (اشاره به نکته ۶).

نکته ۱- موسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST) از استانداردهای ملی سختی راکول برای ایالات متحده پشتیبانی می کند. در دی ماه سال ۱۳۷۶، NIST بلوک های تست مقیاس جدید راکول (HRC) بلوکها ماشینهای استاندارد سازی مرجع های قبلی به عنوان مواد مرجع استاندارد منتشر کرد. (SRMS) بلوکها ماشینهای استاندارد سازی قبلی را می سنجند. مزیت عمده ای از استاندارد NIST این است که سطح HRC آنها مانند دیگر کشورهای صنعتی در سراسر جهان می باشد. سطح NIST HRC سختی مواد راکمی سخت تر از معیارهایی که در ۷۵ سال گذشته در ایالات متحده استفاده می شده منتشر کرده است. تجدید نظر در E 18 نیازمند تمام تاییدیه های عملکرد سختی راکول و ماشین آلات سخت باید با استفاده از بلوک های آزمایشی مدرج ساخته شده قابل ردیابی به استانداردهای راکول توسط NIST باشند. این می تواند از طریق استفاده از بلوک های آزمایشی تجاری مدرج قابل ردیابی به استانداردهای NIST یا به طور مستقیم با استفاده از NIST SRM انجام پذیرد. این مقتضیات تنها برای مقیاس راکول برای تامین اولیه بلوک های آزمایش مرجع کاربرد خواهد داشت.

نکته ۲- نسخه قبلی این استاندارد اعلام کرده که ساچمه های فولادی یک نوع استاندارد از گلوله راکول است. در شروع این نسخه، گلوله کروم کاربرد به عنوان گلوله استاندارد راکول در نظر گرفته شده است. این گلوله در تست سختی راکول به دلیل گرایشات مسطح شدن منجر به بالا رفتن ارزش سختی می شود. شایان ذکر است که آزمون سختی راکول استفاده از گلوله های فولاد و کاربرد تنگستن را مقایسه کرده است که نتایج متفاوتی را نشان داده است. به عنوان مثال، بسته به مواد مورد آزمون و سطح سختی آن، نتایج آزمایش مقیاس راکول B با استفاده از گلوله کاربرد یک نقطه راکول پایین تر از زمانی است که یک گلوله فولادی استفاده می شود.

۲. اسناد مرجع

۲.۱. استاندارد ASTM

- A370** روش های تست و تعاریف برای تست مکانیکی محصولات فولادی
- B19** مشخصات برای کارتریج ورق برنجی، نوار، صفحه، نوارودیسک
- B36/B36M** مشخصات برای صفحه برنجی ، ورق، نوار
- B96** مشخصات برای مس سیلیکون آلیاژ پلیت ، ورق، لوله گرد برای اهداف کلی و فشارمخازن
- B97** مشخصات برای مس سیلیکون آلیاژ پلیت، ورق، نوارو برای اهداف عمومی
- B103/B103M** مشخصات M برای فسفر برنز پلیت، ورق، نوار
- B121/B121M** مشخصات M برای پلیت سرب دار برنجی ، ورق، نوار
- B122/B122M** مشخصات M برای مس - نیکل-قلع آلیاژ، مس نیکل آلیاژ روی (نیکل نقره ای)، و مس نیکل آلیاژ پلیت، ورق، نوار
- B130** مشخصات نوار برنز تجاری برای پوشش گلوله
- B134** مشخصات برای برنج سیم
- B152** مشخصات برای ورق مس، نوار، صفحه ولوله گرد
- B291** مشخصات برای مس، روی، منگنز آلیاژ برنج
- B370** مشخصات برای ورق مس و نوار جهت ساخت و ساز
- E4** روشهایی برای تأیید نیروی ماشین آلات تست
- E29** برای استفاده از شماره های قابل توجه در آزمون داده ها به تعیین انطباق با مشخصات
- E140** استفاده از جدول تبدیل سختی برای فلزات
- E691** برای انجام یک مطالعه آزمایشگاهی برای تعیین صراحت و درستی روش آزمون

۳. اصطلاحات

۳.۱ تعاریف:

۳.۱.۱ درجه بندی: تعیین مقادیر پارامترهای قابل مقایسه با مقادیر نشان داده شده توسط یک ابزار مرجع و یا توسط مجموعه ای از استانداردهای مرجع.

۳.۱.۲ عدد سختی راکول: HR-تعداد برگرفته از افزایش خالص در عمق فرورفتگی به عنوان نیروی گلوله از یک نیروی آزمون مقدماتی به یک نیروی کل آزمون مشخص شده افزایش یافته.

۳,۱,۲,۱ بحث Indenters: Indenters برای آزمون سختی راکول شامل الماس spheroconical و Indenters های گلوله با قطر مشخص می باشد. گلوله کاربید تنگستن به عنوان گلوله استاندارد راکول مورد تایید است. گلوله برای تمام مقیاس های سختی سنج راکول در نظر گرفته می شود. گلوله فلزی ممکن است فقط در صورت استفاده در مشخصات محصول و یا با توافق خاص مورد استفاده قرار گیرد.

۳,۱,۲,۲ بحث اعداد سختی راکول: همیشه با مقیاس indenterها و نیروهای استفاده شده بیان میشود. تعداد سختی با نماد HR و مقیاس معین شده است. هنگامی که یک گلوله استفاده می شود، تعیین مقیاس توسط واژه 9W9 به منظور نشان دادن استفاده از یک گلوله کاربید تنگستن یا واژه 9S9 یک گلوله فولادی را نشان می دهد.

۳,۱,۲,۳ به عنوان مثال HRC برابر است با تعداد سختی راکول ۶۴ در مقیاس C راکول. ۸۱ HR30N برابر است با تعداد سختی راکول سطحی ۸۱ در مقیاس N۳۰, ۷۲ HRBW برابر است با تعداد سختی راکول ۷۲ در مقیاس راکول B که با استفاده از گلوله تنگستن کاربید اندازه گیری شده است.

۳,۱,۳ تست سختی راکول- آزمون سختی با استفاده از یک ماشین تایید شده با نیروی الماس spheroconical indenter (فرورونده الماس)، یا یک گلوله تحت شرایط خاص مشخص شده، به سطح ماده در حال تست در دو عملیات، و عمق فرورفتگی را تحت شرایط مشخص اندازه گیری می کند.

۳,۱,۴ آزمون سختی سطحی راکول همانند آزمون سختی راکول می باشد با این تفاوت که از نیروهای آزمون مقدماتی و کوچکتر استفاده می شود.

۳,۱,۵ تایید، بررسی و یا تست برای اطمینان درستی مشخصات.

۴. اهمیت و استفاده

۴,۱ آزمون سختی راکول یک آزمون تجربی است. آزمون سختی راکول اطلاعات مفیدی را در مورد مواد فلزی به ما می دهد. این اطلاعات ممکن است مرتبط با استحکام کششی، مقاومت در برابر سایش، انعطاف پذیری، و دیگر ویژگی های فیزیکی مواد فلزی، و ممکن است در کنترل کیفیت و انتخاب مواد مفید باشد.

۴,۲ سختی سنج راکول در یک مکان خاص در یک بخش ممکن است ویژگی های فیزیکی را در کل یا بخشی از محصول نهایی نشان ندهد.

۴,۳ آزمون سختی راکول برای آزمون پذیرش محموله های تجاری رضایت بخش در نظر گرفته شده، و به صورت گسترده در صنعت برای این منظور استفاده شده است.

۴,۴ عملکرد تأییدیه های سختی راکول و سختی ماشین آلات باید با استفاده از بلوک های آزمون کالیبره که با استانداردهای راکول که توسط NIST زمانی که بلوک های آزمون مرجع اولیه در دسترس برای مقیاس خاص راکول می باشد.

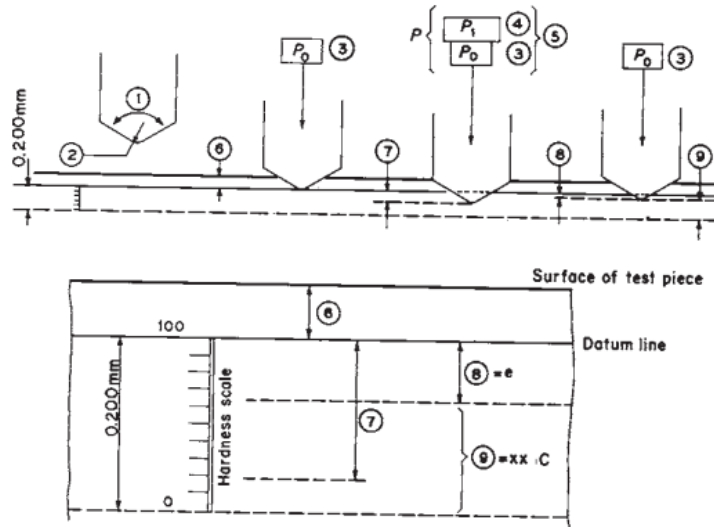
توصیف کلی و تهیه آزمایش برای میزان سختی راکول و آزمون سختی سطحی راکول

۵. اصول تست ها و تجهیزات

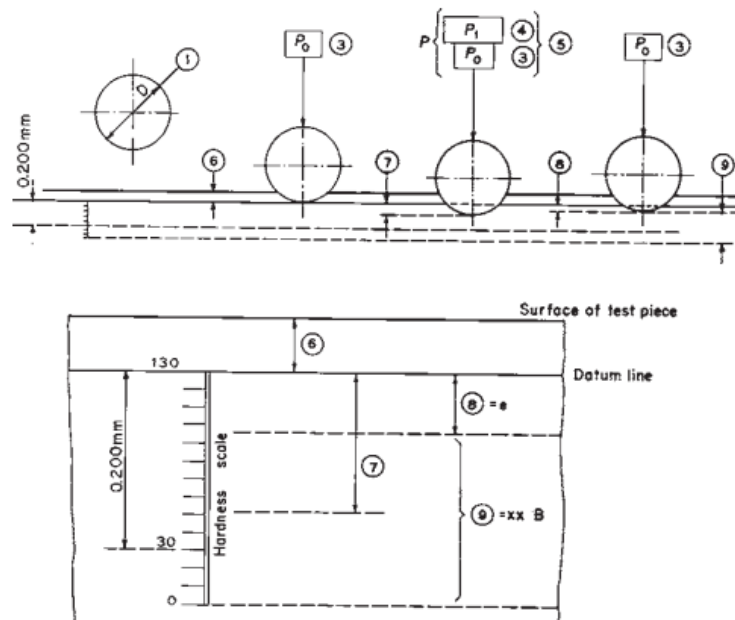
۵,۱ اصول عمومی، اصول کلی و آزمون سختی راکول در شکل ۱ (الماس indenter) و شکل ۲ (گلوله Indenters) همراه با جدول ۱ و جدول ۲ نشان داده شده است. در مورد آزمون های سطحی راکول اصول کلی در شکل نشان داده شده است: شکل ۳ (الماس Indenters) و شکل ۴ (گلوله Indenters) و همراه با جدول ۳ و جدول ۴.

۵,۱,۱ برای توضیحات پیرامون مشخصه های تجهیزات تولید کننده به محدودیت ها، ویژگی های ماشین، و روش های عملیاتی مربوطه مندرج در دفترچه راهنما نگاه کنید. برنامه های کاربردی از مقیاس های مختلف سختی در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. مقدار سختی راکول معمولاً تعیین و مطابق با یکی از این مقیاس استاندارد گزارش داده شده است. indenter در سطح آزمون در دو مرحله تحت شرایط اجباری و تفاوت در عمق فرورفتگی اندازه گیری شده. (بخش ۷ مراجعه کنید).

۵,۱,۲ اندازه گیری واحد الکترونیکی ۰/۰۰۲ میلی متر و ۰/۰۰۱ میلی متر برای آزمون سختی راکول و آزمون سختی راکول سطحی است. از ارزش e، تعداد شناخته شده به عنوان سختی راکول به دست آمده است. مقدار سختی راکول به تنهایی توسط تعدادی عوامل امکان پذیر نیست زیرا لازم به ذکر است که indenter و نیرو در تولید آزمون شرکت کرده اند. (جدول ۵ و جدول ۷ را ملاحظه کنید)



شکل ۱: تست سختی راکول با الماس



شکل ۲: تست سختی راکول با گلوله intender (مثال راکول B) (جدول ۲)

جدول ۱ نمادها و نامگذاریهای همراه با شکل ۳

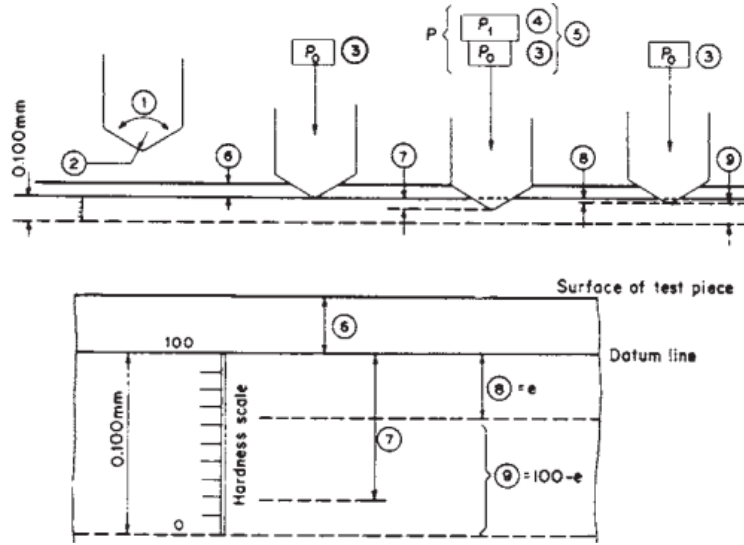
عدد	حرف اختصاری	عنوان
۱		زاویه تورفتگی در نوک الماس (۱۲۰ درجه)
۲		۲ شعاع انحنا در نوک مخروط (۰,۲۰۰ میلی متر)
۳	P_0	مقدماتی نیروی تست = ۱۰ کیلوگرم نیرو (N ۹۸)
۴	P_1	نیروی اضافی = ۱۴۰ کیلوگرم نیرو (N ۱۳۷۳)
۵	P_1	نیروی تست ها $P_0 + P_1 = 10 + 140 = 150$ کیلوگرم نیرو (N ۱۴۷۱)
۶		عمق نفوذ در نیروی آزمون مقدماتی قبل از استفاده از نیروی اضافی
۷		افزایش عمق نفوذ در اضافی نیروی
۸	e	الکترونیکی افزایش دائم در عمق نفوذ در آزمون مقدماتی بعد از برداشتن نیروی اضافی افزایش در واحد های بیان 0.02 میلی متر
۹	xx HRC	سختی راکول C = ۱۰۰ - e

جدول ۲ نمادها و نامگذاری های همراه با شکل ۲

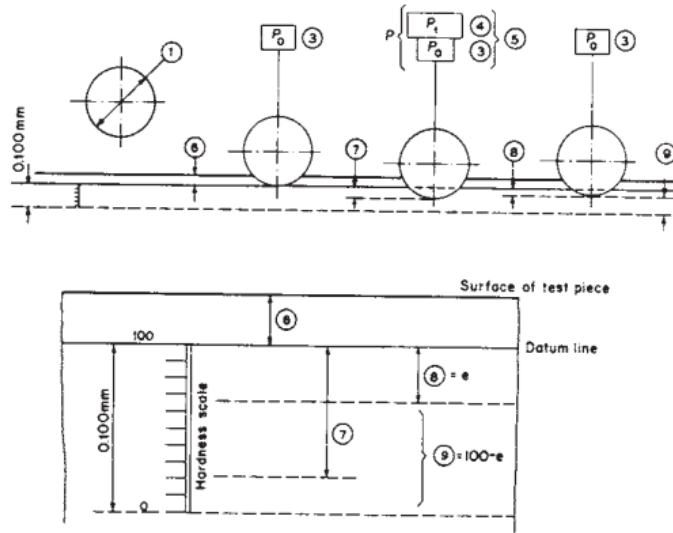
عدد	حرف اختصاری	عنوان
۱	D	قطر گلوله (۱,۵۸۸ mm)
۳	P_0	نیروی مقدماتی تست = $10 \text{ kgf} (98 \text{ N})$
۴	P_1	نیروی اضافی = $90 \text{ kgf} (883 \text{ N})$
۵	P	نیروی تست ها $P_0 + P_1 = 10 + 90 = 100$ کیلوگرم نیرو (N ۹۸۱)
۶		عمق نفوذ در نیروی آزمون مقدماتی قبل از استفاده از نیروی اضافی
۷		افزایش عمق نفوذ در نیروی اضافی
۸	e	الکترونیکی افزایش دائم در عمق نفوذ در نیروی آزمون مقدماتی بعد از برداشتن، نیروی اضافی، افزایش در واحد های 0.02 میلی متر
۹	xx HRB	راکول سختی B = 130 - e

۵,۲ شرح دستگاه و روش آزمایش: دستگاه تعیین میزان سختی راکول دستگاهی است که سختی های متفاوت در عمق نفوذ یک

indenter را تحت دو نیرو مشخص که به آن نیروهای آزمون مقدماتی و مجموع نیروهای اندازه گیری گفته می شود، می سنجند.



شکل ۳: تست سختی سطحی راکول با الماس indenter (راکول مثال ۳۰ N) (جدول ۳)



شکل ۴: تست سختی سطحی راکول با گلوله indenter (راکول مثال ۳۰ T) (جدول ۴)

جدول ۳: نمادها و نامگذاریهای همراه با شکل ۳

عدد	حرف اختصاری	عنوان
۱		زاویه تورفتگی در نوک الماس (۱۲۰ درجه)
۲		۲ شعاع انحنا در نوک مخروط (۰,۲۰۰ میلی متر)
۳	P_0	مقدماتی نیروی تست = ۳ کیلوگرم نیرو (N ۲۹)
۴	P_1	نیروی اضافی = ۲۷ کیلوگرم نیرو (N ۲۶۵)
۵	P_1	نیروی تست ها $P_0 + P_1 = ۳ + ۲۷ = ۳۰$ کیلوگرم نیرو (N ۲۹۴)
۶		عمق نفوذ در نیروی آزمون مقدماتی قبل از استفاده از نیروی اضافی
۷		افزایش عمق نفوذ در اضافی نیروی
۸	e	الکترونیکی افزایش دائم در عمق نفوذ در آزمون مقدماتی بعد از برداشتن نیروی اضافی افزایش در واحد های بیان ۰,۰۰۱ میلی متر
۹	xx HR30N	سختی N ۳۰۰راکول = ۱۰۰ - e

جدول ۴: نمادها و نامگذاریهای همراه با شکل ۴

عدد	حرف اختصاری	عنوان
۱	D	قطر گلوله (۱,۵۸۸ mm)
۳	P_0	نیروی مقدماتی تست = ۳kgf (N ۲۹)
۴	P_1	نیروی اضافی = (27Kgf) (N ۲۶۵)
۵	P	نیروی تست ها $P_0 + P_1 = ۳ + ۲۷ = ۳۰$ کیلوگرم نیرو (N ۲۹۴)
۶		عمق نفوذ در نیروی آزمون مقدماتی قبل از استفاده از نیروی اضافی
۷		افزایش عمق نفوذ در نیروی اضافی
۸	e	الکترونیکی افزایش دائم در عمق نفوذ در نیروی آزمون مقدماتی بعد از برداشتن نیروی اضافی، افزایش در واحد های ۰/۰۰۱ میلی متر
۹	XXHR30T	راکول T ۳۰ سختی = ۱۰۰ - e

۵,۲,۱. دو طبقه بندی کلی از آزمون راکول وجود دارد: آزمون سختی راکول و آزمون سختی راکول سطحی.
 ۵,۲,۲. در آزمون سختی راکول نیروی آزمون مقدماتی ۱۰ کیلوگرم نیرو (N ۹۸) است. نیروهای آزمون ها ۶۰ کیلوگرم نیرو (N ۵۸۹) و ۱۰۰ کیلوگرم نیرو (N ۹۸۱) و ۱۵۰ کیلوگرم نیرو (N ۱۴۷۱) می باشد. در آزمون سختی راکول سطحی نیروی آزمون مقدماتی ۳ کیلوگرم نیرو (N ۲۹) و نیروهای کل آزمون ۱۵ کیلوگرم نیرو (N ۱۴۷)، ۳۰ کیلوگرم نیرو (N ۲۹۴) و ۴۵ کیلوگرم نیرو (N ۴۴۱) می باشد. *intender* برای هر آزمون باید از تنظیمات *spheroconical* یا *کروی* استفاده کند.

۵،۲،۳. تفاوت در عمق معمولاً توسط دستگاه‌های الکترونیکی و یا توسط یکی از شاخص‌های شماره‌گیری اندازه‌گیری می‌شود. مقدار سختی، به عنوان ابزار خوانده شده که یک عدد دلخواه است که به تفاوت در اعماق تولید شده توسط این دو نیرو مرتبط می‌باشد. و از آنجا که مقیاس معکوس است، با بالاتر رفتن اعداد سختی مواد هم بیشتر می‌شود.

۵،۲،۴. بر اساس روش‌های عامل توصیه شده توسط تولیدکننده سختی سنج، تست با استفاده از نیروی آزمون مقدماتی اولیه نمونه آغاز شده است. از آنجا که اندازه‌گیری تفاوت در عمق بعد از نیروهای اولیه شروع می‌شود، در صورتی که ابزاریک مدل شاخص شماره‌گیری باشد اشاره گر شماره سنج روی صفر تنظیم می‌شود. در یک دستگاه خروجی دیجیتال، نقطه صفر به طور خودکار توسط الکترونیک‌ها تسخیر شده است. ابزار باید طوری طراحی شده باشد که تأثیرات استفاده از نیروی آزمون مقدماتی را بر طرف کنند.

۵،۲،۵. نیروی اضافی برای توقف مورد نیاز استفاده می‌شود و پس از آن حذف شده است. بازگشت به نیروی آزمون مقدماتی فرورونده در نقطه عمیق نفوذ حفظ می‌شود که هنوز اجازه می‌دهد تا الاستیسیته بهبود یابد و منبسط شود که در نتیجه آزمون توسط دستگاه آزمایش نمایش داده می‌شود.

Indenters

۵،۳،۱. استاندارد راکول یا الماس spheroconical است و یا گلوله کارتریج تنگستنی با قطر:

12.70mm(1.2in) یا 1.588mm(1.16in), 3.175mm(1.8in), 6.350mm(1.4in)

از گلوله intender فلزی تنها زمانی استفاده می‌شود که خصوصیات محصول مشخص شده باشد یا توسط مطابقت خاصی مشخص شود. فرورونده الماس باید به الزامات مقرر در ۱۳،۱،۲،۱ و گلوله indenter باید به الزامات مقرر در ۱۳،۱،۲،۲ مطابقت داشته باشد.

۵،۳،۲. گرد و غبار، خاک، گریس، و مقیاس نباید اجازه تجمع در فرورونده را دهد زیرا بر نتایج آزمون تأثیر می‌گذارد. ۵،۴. Anvils استفاده شود که برای نمونه آزمایش مناسب می‌باشد. سطوح anvils باید تمیز و صاف باشد. و عاری از چاله، خش عمیق، و مواد خارجی. خسارت نیز ممکن است از تماس اتفاقی با anvils فرورونده رخ دهد. اگر anvils به هر علت آسیب دیده باشد، باید تعویض شود. Anvils حداقل فرورفتگی قابل مشاهده که نتایج نادرست در مواد نازک می‌دهد.

۵،۴،۲. قطعات تخت باید در Anvils صاف مورد آزمایش قرار گیرد که صفحه عمود بر محور فرورونده باشد.

۵،۴،۳. Anvils برای مواد نازک یا نمونه که کاملاً صاف نیستند دارای یک نقطه سطحی مرتفع است که حدوداً ۱،۴ اینچ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نقطه بایستی به صورت صاف و مسطح جلا شود و سختی راکول از مواد نرم حداقل HRC می‌باشد. مواد خیلی نرم نباید در نقطه anvil قسمت شوند چرا که نیروی اعمال شده ممکن است به anvils به زیر نمونه بدون در نظر گرفتن ضخامت آن نفوذ کند.

۵،۴،۴. هنگامی آزمایش همراه با یک ورق نازک با گلوله می‌باشد، توصیه می‌شود که یک سندان نقطه الماس هم مورد استفاده قرار

گیرد

نکته ۳: نقطه anvil الماس تنها باید با یک تستر سختی سطحی و گلوله indenter استفاده شود. این توصیه باید دنبال شود به جز زمانی که توسط خصوصیات مواد باشد.

۵,۵ بلوک تست- تست بلوک الزامات قسمت C میباشد که باید به صورت دوره ای تستر سختی را بررسی کند.

۶. نمونه تست

۶,۱. این آزمایش باید در یک سطح نرم هموار انجام شود که در آن از مقیاس اکسید، ماده خارجی و به ویژه گریس استفاده می شود. یک استثنا برای مواد ساخته شده از فلزات واکنش پذیر مانند تیتانیوم وجود دارد که ممکن است به indenter بچسبد. در این مواقع، از روان کننده های مناسب از جمله نفت سفید استفاده می شود. استفاده از روان کننده باید در آزمون گزارش شود.

۶,۲. آماده سازی باید به گونه ای باشد که هر تغییر در سختی سطحی به حداقل برسد بعنوان مثال، گرمی یا سردی.

۶,۳. ضخامت آزمون و یا از لایه آزمون باید طبق جداول دیکته شده ۹,۷ و جدول ۱۰ و به عنوان گرافیکی که در شکل ۵ و ۶ ارائه شده است باشد. از مطالعات انجام شده در نوار از فولاد کربن و به نتایج قابل اعتماد برای تمام مواد دیگر توصیه می شود که ضخامت بیش از ۱۰ برابر عمق فرورفتگی با indenter الماس و ۱۵ برابر عمق فرورفتگی با indenter گلوله به عنوان یک قاعده باشد. تغییر شکل باید در نمونه آزمون پس از آزمون قابل مشاهده باشد اگر چه همه این علائم نشان دهنده یک آزمون بد است.

۶,۴. برای آزمون در استوانه محدب سطوح اصلاحات در جدول ۱۴-۱۱ نشان داده شده که اعمال خواهد شد. اصلاحات برای آزمایش در سطوح کروی و مقعر هنگامی که آزمایش نمونه های استوانه ای، دقت و صحت از آزمون خواهد شد باید به موضوع خاص به طور جدی توسط تراز دلخواه برای بالا بردن تحت تاثیر قرار گیرد. پیچ، V- Indenters، صاف بودن سیلندر و سطح برای قطر آن در جدول، عوامل اصلاح ممکن است با درون یابی خطی مشتق شده باشند. تست در قطر کوچکتر از موارد اشاره شده در جدول ۱۴-۱۱ قابل قبول نیست.

۶,۵. هشدارها برای موادهایی که دارای شکل پذیری بیش از حد و مستقل از زمان هستند: در برخی موارد جریان پلاستیکی بعد از اعمال تمام نیروهای آزمایشی نشان داده می شود. indenter به حرکت ادامه خواهد داد. نیروی کل آزمون باید پس از زمان مشخص شده ساکن حذف و زمان اگر بیش از ۳ باشد پس از نتایج آزمون ثبت شود (مثلاً ۶۵ HRFW, ۴ ثانیه). هنگامی که مواد نیاز به استفاده از زمان توقف بیشتر از ۳ ثانیه دارند باید در مشخصات محصول درج شود.

جدول ۵ مقیاس سختی راکول

نماد مقیاس	indenter	کل نیروی آزمایشی	اشکال صفحه	کاربرد ویژه از مقیاس
B	1/16-in. (1.588-mm) ball	۱۰۰	قرمز	آلیاژهای مس، فولاد نرم، آلیاژهای آلومینیوم، آهن چکش خوار، و غیره
C	الماس	۱۵۰	مشکی	فولاد، چدن سخت، آهن چکش خوار پرلیت، تیتانیوم، مورد عمیق از فولاد سخت شده، و دیگر مواد سخت تر از B100
A	الماس	۶۰	مشکی	کاربدهای سیمانی، فولاد نازک و فولاد مورد سخت کم عمق است.
D	الماس	۱۰۰	مشکی	فولاد نازک و مورد سخت شده فولاد متوسط، و آهن چکش خوار پرلیت. آهن، آلومینیوم و آلیاژهای منیزیم، بلیرینگ فلزات.
E	1/8-in. (3.175-mm) ball	۱۰۰	قرمز	آهن، آلومینیوم و آلیاژهای منیزیم، بلیرینگ فلزات.
F	1/16-in. (1.588-mm) ball	۶۰	قرمز	آلیاژهای مس نرم شده، نازک فلزات ورق نرم.
G	1/16-in. (1.588-mm) ball	۱۵۰	قرمز	آهن چکش خوار، مس، نیکل روی و آلیاژهای cupro نیکل G92 حد بالا برای جلوگیری از صاف شدن ممکن است از گلوله استفاده کند.
H	1/8-in. (3.175-mm) ball	۶۰	قرمز	آلومینیوم، روی، سرب.
K	1/8-in. (3.175-mm) ball	۱۵۰	قرمز	باربری فلزات و دیگر مواد بسیار نرم یا نازک.
L	1/4-in. (6.350-mm) ball	۶۰	قرمز	استفاده از کوچکترین گلوله و سنگین ترین بار نیست که به اثر
M	1/4-in. (6.350-mm) ball	۱۰۰	قرمز	سندان نمی دهد
P	1/4-in. (6.350-mm) ball	۱۵۰	قرمز	
R	1/2-in. (12.70-mm) ball	۶۰	قرمز	
S	1/2-in. (12.70-mm) ball	۱۰۰	قرمز	
V	1/2-in. (12.70-mm) ball	۱۵۰	قرمز	

۷. روال کار

۷.۱ بررسی های دوره به عنوان بخشی از روند آزمون، باید انجام شود. (بخش ۱۴ پیشنهادات را ملاحظه فرمایید)

۷.۲ این تست به طور معمول در دمای محیط در محدوده ۵۰ تا ۹۵ درجه فارنهایت (10 تا ۳۵ درجه C) انجام می شود. با این حال، تغییرات دما ممکن است بر نتایج اثر بگذارد، کاربران آزمون راکول کنترل دما را در محدوده کمتری انتخاب می کنند.

۷.۳ قطعه آزموده شده بایستی به شدت محافظت بشود که هیچ اثر مخربی در طی آزمون رخ ندهد.

۷.۴ indenter باید برای آزمایش و اعمال نیروی اولیه آزمایش PO (ظرفیت کم) از ۱۰ کیلو گرم (۹۸N) برای آزمون سختی راکول یا ۳ کیلو گرم (۲۹ N) برای آزمایش سختی راکول در جهت عمود بر سطح بدون شوک یا لرزش در تماس با سطح باشد. (جدول ۱۵ برای تحمل نیروهای آزمایشی). زمان ماندگاری برای نیروی آزمون مقدماتی نایبستی از ۳ ثانیه بیشتر باشد.

جدول ۶ مقیاس سختی سطحی راکول

Total Test Force, kgf (N)	Scale Symbols				
	N Scale, Diamond Indenter	T Scale, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	W Scale, 1/8-in. (3.175-mm) Ball	X Scale, 1/4-in. (6.350-mm) Ball	Y Scale, 1/2-in. (12.70-mm) Ball
15 (147)	15N	15T	15W	15X	15Y
30 (294)	30N	30T	30W	30X	30Y
45 (441)	45N	45T	45W	45X	45Y

جدول ۷ حداقل ضخامت الگو برای انتخاب مقیاس با استفاده از الماس indenter (مراجعه به شکل ۵)

نکته ۱: برای هر ضخامت داده شده، سختی راکول نشان داده شده که حداقل ارزش قابل قبول برای آزمایش می باشد. برای سختی داده شده مواد با ضخامت بیشتر مربوط به آن سختی می تواند در مقیاس نشان داده شده تست شود.

Minimum Thickness		Rockwell Scale		
		A	C	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A	Dial Reading
0.014	0.36	...	...	...
0.016	0.41	86	69	...
0.018	0.46	84	65	...
0.020	0.51	82	61.5	...
0.022	0.56	79	56	69
0.024	0.61	76	50	67
0.026	0.66	71	41	65
0.028	0.71	67	32	62
0.030	0.76	60	19	57
0.032	0.81	...	...	52
0.034	0.86	...	...	45
0.036	0.91	...	...	37
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	20

A این اعداد تقریبی سختی برای انتخاب مقیاس مناسب استفاده می شوند و نباید به عنوان تبدیل سختی مورد استفاده قرار بگیرند. در صورت لزوم برای تبدیل خوانش آزمون به مقیاس دیگر به جدول تبدیل سختی E140 (رابطه بین سختی برنیل، سختی ویکرز، سختی راکول، سختی سطحی راکول و سختی نوپ) مراجعه کنید.

جدول ۸ حداقل ضخامت الگو برای انتخاب مقیاس با استفاده از گلوله الماس indenter ۱/۶ اینچی (۱/ ۵۸۸ mm) (مراجعه به شکل ۶)

نکته ۱: برای هر ضخامت داده شده، سختی راکول نشان داده شده که حداقل ارزش قابل قبول برای آزمایش می باشد. برای سختی داده شده مواد با ضخامت بیشتر مربوط به آن سختی می تواند در مقیاس نشان داده شده تست شود.

Minimum Thickness		Rockwell Scale		
		F	B	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A	Hardness Reading
0.022	0.56	...	...	...
0.024	0.61	98	72	94
0.026	0.66	91	60	87
0.028	0.71	85	49	80
0.030	0.76	77	35	71
0.032	0.81	69	21	62
0.034	0.86	...	...	52
0.036	0.91	...	...	40
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	...

A این اعداد تقریبی سختی برای انتخاب مقیاس مناسب استفاده می شوند و نباید به عنوان تبدیل سختی مورد استفاده قرار بگیرند. در صورت لزوم برای تبدیل خوانش آزمون به مقیاس دیگر به جدول تبدیل سختی E140 (رابطه بین سختی برنیل، سختی ویکرز، سختی راکول، سختی سطحی راکول و سختی نوپ) مراجعه کنید.

جدول ۹ حداقل ضخامت الگو برای انتخاب مقیاس با استفاده از الماس indenter (مراجعه به شکل ۵)

نکته ۱: برای هر ضخامت داده شده، سختی راکول نشان داده شده که حداقل ارزش قابل قبول برای آزمایش می باشد. برای سختی داده شده مواد با ضخامت بیشتر مربوط به آن سختی می تواند در مقیاس نشان داده شده تست شود.

Minimum Thickness		Rockwell Superficial Scale					
		15N		30N		45N	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A
0.006	0.15	92	65	...	...	...	...
0.008	0.20	90	60	...	...	...	...
0.010	0.25	88	55	...	...	...	...
0.012	0.30	83	45	82	65	77	69.5
0.014	0.36	76	32	78.5	61	74	67
0.016	0.41	68	18	74	56	72	65
0.018	0.46	...	...	66	47	68	61
0.020	0.51	...	...	57	37	63	57
0.022	0.56	...	...	47	26	58	52.5
0.024	0.61	...	...	...	...	51	47
0.026	0.66	...	...	...	...	37	35
0.028	0.71	...	...	...	...	20	20.5
0.030	0.76	...	...	...	...	...	...

A این اعداد تقریبی سختی برای انتخاب مقیاس مناسب استفاده می شوند و نباید به عنوان تبدیل سختی مورد استفاده قرار بگیرند. در صورت لزوم برای تبدیل خوانش آزمون به مقیاس دیگر به جدول تبدیل سختی E140 (رابطه بین سختی برنیل، سختی ویکرز، سختی راکول، سختی سطحی راکول و سختی نوپ) مراجعه کنید.

جدول ۱۰ حداقل ضخامت الگو برای انتخاب مقیاس با استفاده از گلوله الماس indenter ۱/۶ اینچی (۵۸۸ mm)

(مراجعه به شکل ۶)

نکته ۱: برای هر ضخامت داده شده، سختی راکول نشان داده شده که حداقل ارزش قابل قبول برای آزمایش می باشد. برای سختی داده شده مواد با ضخامت بیشتر مربوط به آن سختی می تواند در مقیاس نشان داده شده تست شود.

Minimum Thickness		Rockwell Superficial Scale					
		15T		30T		45T	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A
0.010	0.25	91	93	...	...	...	...
0.012	0.30	86	78	...	...	...	...
0.014	0.36	81	62	80	96	...	...
0.016	0.41	75	44	72	84	71	99
0.018	0.46	68	24	64	71	62	90
0.020	0.51	...	...	55	58	53	80
0.022	0.56	...	...	45	43	43	70
0.024	0.61	...	...	34	28	31	58
0.026	0.66	...	...	...	...	18	45
0.028	0.71	...	...	...	...	4	32
0.030	0.76	...	...	...	...	...	...

A این اعداد تقریبی سختی برای انتخاب مقیاس مناسب استفاده می شوند و نباید به عنوان تبدیل سختی مورد استفاده قرار بگیرند. در صورت لزوم برای تبدیل خوانش آزمون به مقیاس دیگر به جدول تبدیل سختی E140 (رابطه بین سختی برنیل، سختی ویکرز، سختی راکول، سختی سطحی راکول و سختی نوپ) مراجعه کنید.

۷،۵ تولید موقعیت مرجع (مراجعه به معرفی ساخت دستی) و افزایش نیرو بدون شوک و یا لرزش، در طی یک دوره از ۱ تا ۸ ثانیه ای توسط ارزش نیروی های آزمایشی اضافی، P1 (ظرفیت اضافی) مورد نیاز برای به دست آوردن کل آزمون مورد نیاز نیروی P برای مقیاس سختی داده شده (جدول ۵ و ۶ را ببینید).

۷,۶ حذف نیروی آزمون اضافی P1 در حالی که هدف حفظ نیروی اولیه آزمون P0 است، مطابق با موارد زیر است:

۷,۶,۱ موادی که تحت شرایط آزمون، هیچ شکل پذیری وابسته به زمان را نشان نمی دهد، P 1 در کمتر از ۳ ثانیه پس از اعمال تمامی نیروها از بین می رود.

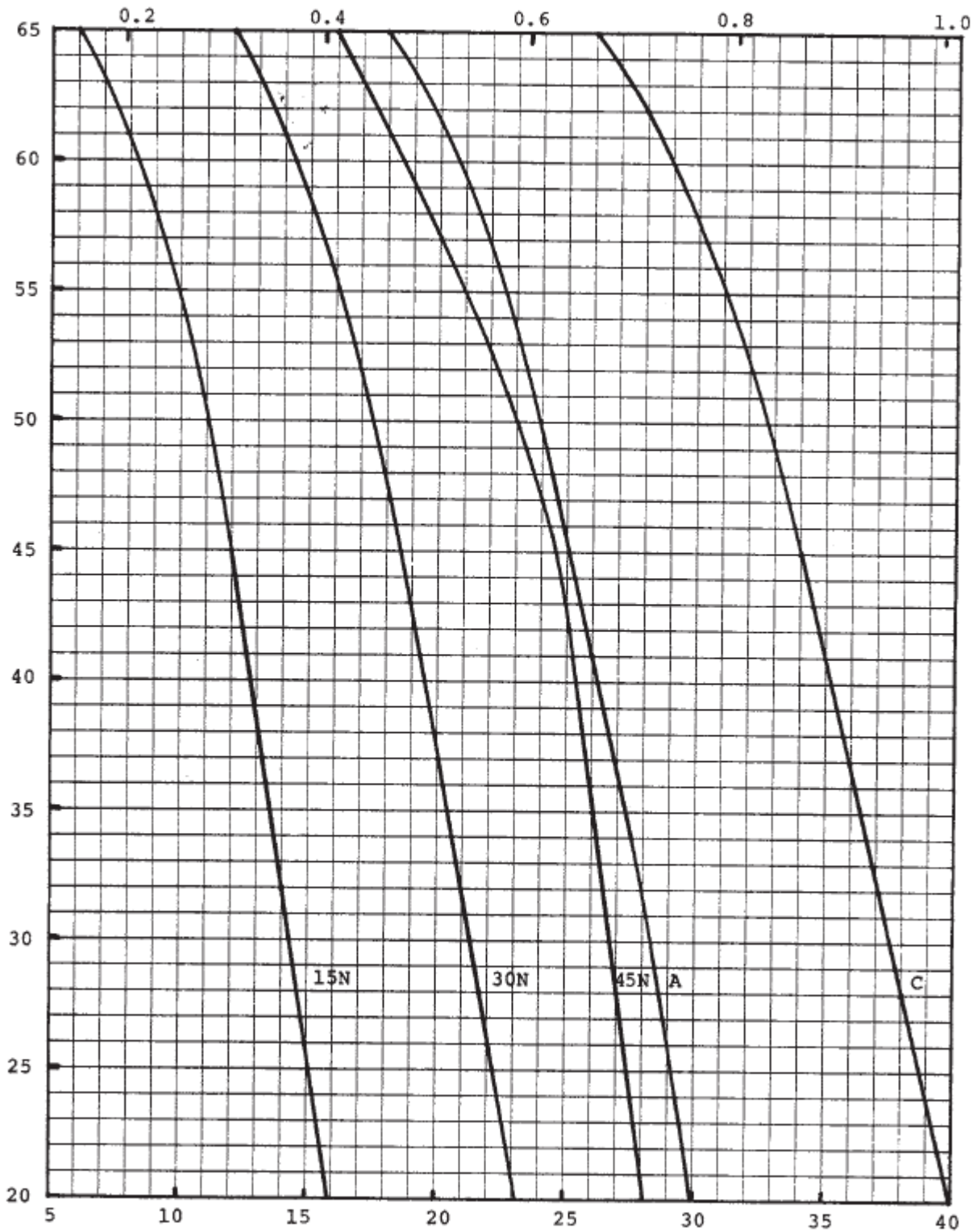
۷,۶,۲ موادی که تحت شرایط آزمون، هیچ شکل پذیری وابسته به زمان را نشان نمی دهند، P1 ظرف ۵ تا ۶ ثانیه هنگام استفاده از مخروط الماس indenter و به مدت ۶ تا ۸ ثانیه هنگام استفاده از گلوله indenter بعد از بکارگیری تمامی نیروهای آزمون آغازی از بین می رود.

۷,۶,۳ در موارد خاص که در آن مواد تحت شرایط آزمون هستند شکل پذیری وابسته به زمان قابل توجهی را نشان می دهند، P1 به مدت ۲۰ تا ۲۵ ثانیه پس از اعمال تمامی نیروی آغازی آزمون از بین می رود.

۷,۶,۴ هنگامی که مواد نیاز به استفاده از زمان توقف بیشتر از ۳ ثانیه را دارند، این باید در مشخصات محصول مشخص شده، و زمان ماندگاری باید ثبت شود.

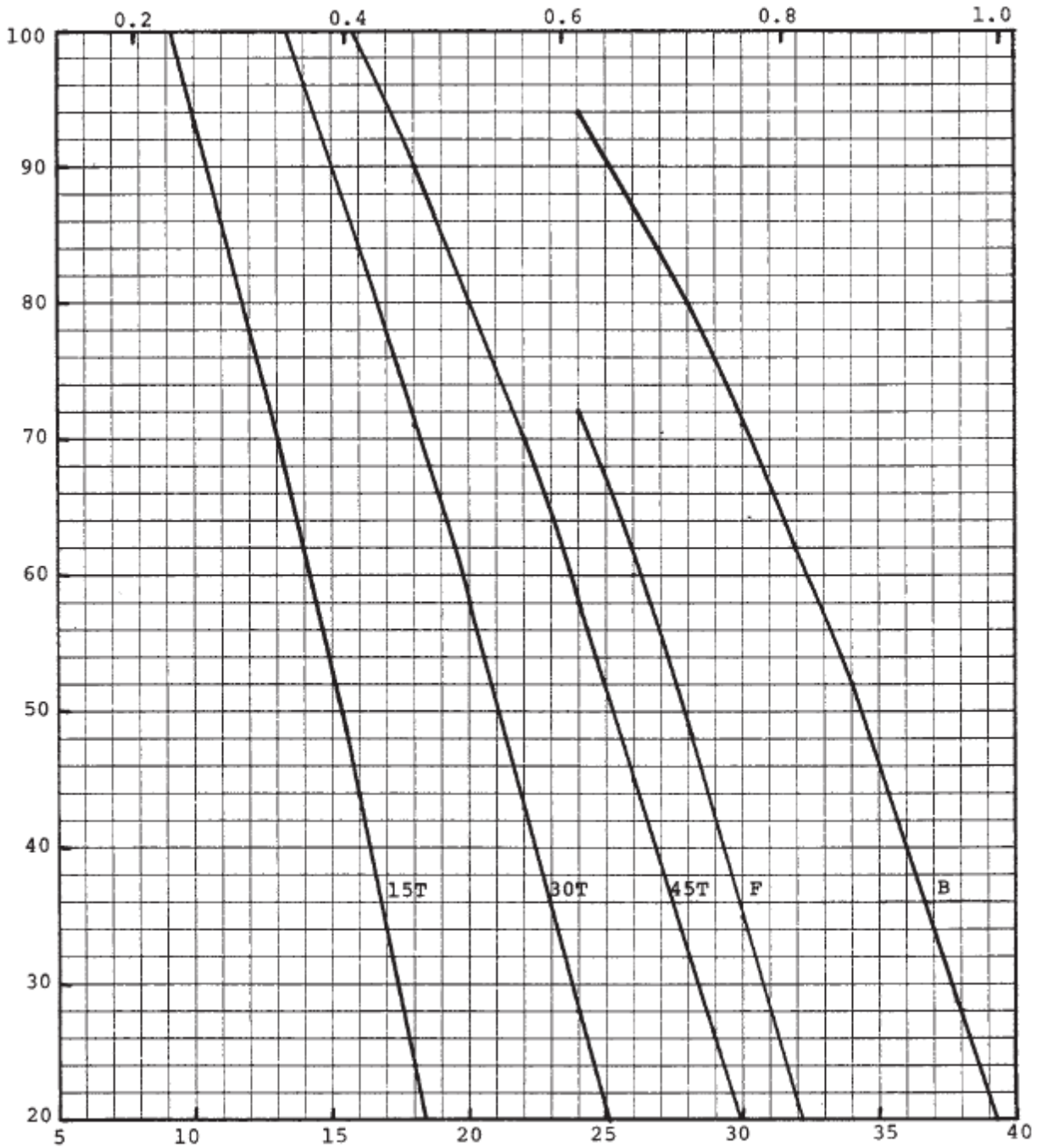
۷,۷ در طول آزمون، دستگاه باید از شوک یا لرزش محافظت شود.

۷,۸ تعداد سختی راکول از افزایش دیفرانسیل در عمق دندانه الکترونیکی مشتق شده است و معمولاً ۶ را به طور مستقیم ثبت می کنند. اشتقاق از تعداد سختی راکول ۶ در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.



شکل ۵ محدود ضخامت برای آزمون سختی راکول با استفاده از الماس **intender**

نکته-قرار دادن یک نقطه مربوط به ترکیب ضخامت سختی مورد آزمون قرار گرفته است. فقط تعادل در حال سقوط به سمت چپ از این نقطه ممکن است مورد استفاده برای این ترکیب تست باشد.



شکل ۶ محدود ضخامت برای آزمون سختی راکول با استفاده از گلوله الماس indenter ۱/۶ اینچ (۵۸۸ mm)

۷،۹ بعد از هر تغییر و یا حذف و جایگزینی، indenter و یا anvil معین میکنند که indenter (یا anvil جدید) به درستی در جایگاه خود نصب شده است.

نکته ۴- مشخص شده است که بلوک های مناسب آزمون استاندارد برای تمامی اشکال هندسی یا مواد و یا هر دو قابل دسترس نیست.

۷,۹,۱ دو خوانش اول پس از indenter و یا anvil است نصب شده است که باید نادیده گرفته شود، و بهره برداری از دستگاه بررسی بایستی با بلوک آزمون سختی استاندارد مناسب باشد.

۷,۱۰ فاصله بین مرکز دو دندان مجاور باید حداقل سه برابر قطر فرورفتگی باشد.

۷,۱۰,۱ فاصله از مرکز هر دندان به لبه آزمون باید حداقل دو و نیم برابر قطر دندان باشد.

۷,۱۱ مگر در موارد مشخص تمامی خوانش ها به نزدیکترین عدد کل مطابق با تمرین E2 مشخص شود.

۸. تبدیل به دیگر مقیاس های سختی و یا مقدار استحکام کششی

۸,۱ هیچ روش کلی دقیق برای تبدیل تعداد سختی راکول در یک مقیاس به تعداد سختی راکول در مقیاس دیگر، و یا به انواع دیگر از تعداد سختی و یا ارزش استحکام کششی، قدرت وجود ندارد. بنابراین باید به جز موارد خاص که در آن یک مبنای قابل اعتماد برای تبدیل تقریبی توسط آزمون های مقایسه ای به دست می آید از چنین تغییراتی که در بهترین حالت تخمین هستند خودداری کرد.

نکته ۵- تبدیل استاندارد سختی جداول E 140، برای فلزات، مقدار تقریبی برای تبدیل مواد خاص مانند فولاد، فولاد ضد زنگ استنیتی، نیکل و آلیاژهای نیکل بالا، برنج ماشین های اداری، آلیاژهای مس و آلیاژ چدن سفید را داده است.

نکته ۶- ASTM مشخصات روابط قدرت سختی کششی تقریبی در ضمیمه X1 ذکر شده است.

۹. گزارش

۹,۱ گزارش شامل اطلاعات زیر می باشد:

۹,۱,۱ تعداد سختی راکول (مراجعه به ۳,۱,۲)

۹,۱,۱,۱ تمامی گزارشات از خوانش آزمون سختی راکول باید با استفاده از مقیاس نشان داده شود و همچنین اگر آن را در خارج از ۵۰ تا ۹۵ درجه F (10 تا ۳۵ درجه C) باشد دمای محیط آزمون را نشان می دهد (مراجعه به ۷,۲).

مگر در موارد مشخص که تمامی خوانش ها به نزدیکترین عدد کل مطابق با تمرین E29 مشخص شود.

جدول ۱۱ اصلاحات اضافه شده به راکول D, A, C به مقادیر بدست آمده در استوانه محدب سطح A از قطرهای مختلف

Dial Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces								
	¼ in. (6.4 mm)	⅜ in. (10 mm)	½ in. (13 mm)	⅝ in. (16 mm)	¾ in. (19 mm)	⅞ in. (22 mm)	1 in. (25 mm)	1¼ in. (32 mm)	1½ in. (38 mm)
Corrections to be Added to Rockwell C, A, and D Values ^B									
20	6.0	4.5	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40	3.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0

A هنگام آزمایش نمونه استوانه ای، دقت و صحت آزمون به طور جدی بر ردیف بالا برپیچ، V، indenter، پرداخت سطح و صاف بودن سیلندر اثر می گذارد.
B این اصلاحات فقط تقریبی می باشد و نشان دهنده میانگین نزدیکترین عدد ۰.۵ راکول، از مشاهدات واقعی متعدد می باشد.

جدول ۱۲ اصلاحات اضافه شده به مقادیر بدست آمده راکول B، F و G در استوانه محدب سطحی A از قطرهای مختلف

Hardness Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces						
	¼ in. (6.4 mm)	⅜ in. (10 mm)	½ in. (13 mm)	⅝ in. (16 mm)	¾ in. (19 mm)	⅞ in. (22 mm)	1 in. (25 mm)
Corrections to be Added to Rockwell B, F, and G Values ^B							
0	12.5	8.5	6.5	5.5	4.5	3.5	3.0
10	12.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.5	3.0
20	11.0	7.5	5.5	4.5	4.0	3.5	3.0
30	10.0	6.5	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5
40	9.0	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
50	8.0	5.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
60	7.0	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0
70	6.0	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
80	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5
90	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0
100	3.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5

A هنگام آزمایش نمونه استوانه ای، دقت و صحت آزمون به طور جدی بر ردیف بالا برپیچ، V، indenter، پرداخت سطح و صاف بودن سیلندر اثر می گذارد.
B این اصلاحات فقط تقریبی می باشد و نشان دهنده میانگین نزدیکترین عدد ۰.۵ راکول، از مشاهدات واقعی متعدد می باشد.

۹،۱،۲. اگر زمان اعمال تمام نیروی آزمون بیشتر از ۳ ثانیه باشد.

۹،۱،۳. هر روان کننده ای که در سطح آزمون استفاده می شود.(مراجعه به ۶،۱).