

() -
-



NLAB

()

المدير التنفيذي	سلطة الإصدار
نشرة إرشادية فنية تخصصية / ن إ ف ت (٠٢٠)	النشرة / الكود
المهتمين بالإعتماد	صادر إلى
١	رقم الإصدار
أغسطس ٢٠٠٦	تاريخ الإصدار
٢٨ صفحة	عدد الصفحات

التعاون الاوروبي للاعتماد (EA)

مرجع النشرة : EA-10/16 (EAL – G31 سابقا)

تاريخ الإصدار : أكتوبر ٢٠٠١

الغرض:

توفر هذه الوثيقة الإرشاد لمعامل المعايرة و الاختبار المشاركة في قياسات الصلادة ، بالإضافة إلى مقييهم . و لقد أصدرت لتحسين التناغم داخل EA في تحديد اللايقين في قياسات الصلادة مع التأكيد الخاص على صلادة روكويل. إنها تبنى على أساس معايير عالمية بالنسبة لمتطلبات الإسناد و إجراءات المعايرة .

التأليف:

أعدت لجنة معمل EA هذه الوثيقة المستندة على مسودة للجنة المهام " قياسات الصلادة" لمجموعة خبراء " الميكانيكية".

اللغة الرسمية:

يمكن أن يترجم النص إلى لغات أخرى حسب الطلب، وتبقى النسخة الإنجليزية هي النسخة الحاسمة.

حقوق الطبع:

تعود حقوق طبع هذا النص إلى EA ، ولا يمكن أن ينسخ النص ليعاد بيعه.

نشرات إرشادية:

تمثل هذه الوثيقة إجماع لجنة رأي EAL والممارسة المفضلة لكيفية إمكان تطبيق المواد ذات الصلة بمعايير الاعتماد في سياق مادة موضوع هذه الوثيقة. و ليست المناهج المأخوذ بها إجبارية وهي لإرشاد هياكل الاعتماد وعمالهم من المعامل. ومع ذلك، فلقد أصدرت الوثيقة كوسيلة للارتقاء بمنهج متماسك لاعتماد المعامل بين الهيئات الاعضاء في EA وخاصة تلك المشاركة في " اتفاقية EA المتعددة الأطراف"

معلومات إضافية:

للحصول على معلومات إضافية حول هذه النشرة، اتصل بعضوك الوطني في EA أو رئيس لجنة معامل EA ، عنوان بريده الإلكتروني: klaus.brinkmann@ptb.de .
من فضلك راجع موقعنا الإلكتروني للحصول على أحدث المعلومات :

<http://european-accreditation.org>

تاريخ التوقيع : مايو ٢٠٠١

تاريخ التطبيق : مايو ٢٠٠٢

الفترة الانتقالية : -----

المحتويات

الصفحة	الجزء
٥	١- مقدمة
٨	٢- البارامترات التي لايقين قياس صلادة الأثر
٩	٢-١-المادة المرجعية / مادة الاختبار
١١	٢-٢- آلة الصلادة
١٢	٢-٣- البيئة
١٢	٢-٤- المشغل
١٣	٣- الإجراء العام لحساب لايقين قياس الصلادة
١٦	٤- تطبيق لمقياس روكويل C : تقييم و انتشار اللايقين
١٦	٤-١- لايقين المعاييرة لآلات اختبار الصلادة (طريقة المعاييرة المباشرة)
٢٢	٤-٢- لايقين المعاييرة لطريقة المعاييرة الغير مباشرة
٢٨	٥- المراجع

١- مقدمة:

١-١ تطبق تشكيلة واسعة من الطرق و الأجهزة في مجال قياس الصلادة و التي يمكن أن تختلف طبقا للمادة. و يكون قياس الصلادة مفيدا عندما تكون النتائج التي حصل عليها من مواقع متناغمة خلال فترة محددة للايقين القياس. و يهدف الإرشاد إلى شرح مفاهيم لايقين القياس المطبقة في هذا المجال الخاص. و لقد نوقش فقط لايقين طرق قياس صلادة الأثر للمعادن المستخدمة عادة (برينل ، روكويل ، فيكرز) للأمدية الموظفة عموما في الممارسة الهندسية حيث نفذت بالفعل الطرق المترولوجية العالمية في الدول الصناعية.

٢-١ قيمة الصلادة هي النتيجة لقياس أدي على قطعة اختبار تحت شروط معيارية ، و هي بناء على اتفاقية متفق عليها. و من الضروري أداء تحديد الصلادة على خطوتين :

١- يقام الأثر تحت ظروف محددة ،

٢- تحديد بعد مناسب للأثر (القطر المتوسط ، الخط القطري أو عمق الأثر المتوسط).

٣-١ بني بث مقاييس الصلادة على ثلاثة عناصر رئيسية :

أ- تعريف مقياس الصلادة : وصف لطريقة القياس ، السماحيات ذات الصلة للكميات المتضمنة و الظروف المحيطة المحددة.

ب- آلة الصلادة المرجعية : آلات ميترولوجية تجسد تعريفات مقياس الصلادة. و يجب أن يقام تحديد بين الآلات المعيارية الأولية التي تشكل أفضل تحقيق ممكن لتعريفات مقياس الصلادة و آلات المعايرة المستخدمة للإنتاج الصناعي للقوالب المرجعية للصلادة.

ج- قالب الصلادة المرجعي : يمكن أن يفرق الشخص بين قوالب صلادة مرجعية أولية معايرة بآلات معيارية للصلادة الأولية و تستخدم عندما تطلب الدقة العليا ، مثلا للتحقق و لمعايرة آلات معايرة الصلادة و القوالب المرجعية للصلادة المقصود بها أساسا للتحقق و لمعايرة آلات اختبار الصلادة الصناعية.

٤-١ يظهر الشكل 1.1 بنية السلسلة الميترولوجية ذات الأربعة مستويات اللازمة لتعريف وبث مقاييس الصلادة. و لاحظ أنه يطلب كل من المعايرة المباشرة و المعايرة غير المباشرة عند كل مستوى. و تعطى المعايرة المباشرة أي مرجع ممكن للمعايير الوطنية للقالب ، للطول و للوقت و تتأكد من التوافق مع السماحيات التي يتطلبها تعريف المعيار. و تطلب المعايرة الغير مباشرة لأنه لا يمكن تقييم عدد من العوامل - لم تعرف بعد بالكامل (مثلا ، نمط زمن الإزاحة أثناء الأثر ، عدم انتظام الشكل و الأداء الميكانيكي للأداة التأثير) - بالقياس المباشر. و تعتبر المقارنات مثل المقارنات الدولية للآلات المعيارية

للصلادة الأولية و المقارنات مع القوالب المعيارية للصلادة الأولية لآلات معايرة الصلادة و أخيرا المقارنات مع القوالب المرجعية للصلادة لآلات اختبار الصلادة -إذن- كقياسات غير مباشرة. و تغطي المعايير المباشرة و المعايير الغير مباشرة - كما وضح من قبل - إسهامات مختلفة في اللابقيين بحيث يمكن الحصول على صيغ مختلفة للابقيين - لها معان مختلفة- :

أ- لابقيين تعريف المقياس ، الذي أصدرته السماحيات المتبناة و نقص تعريف بعض العناصر المؤثرة.

ب- لابقيين التجسد الاسمي لتعريف المقياس الذي أنتجه لابقيين العناصر المعرفة بواسطة تعريفات المقياس (المعايير المباشرة تأخذه في الاعتبار).

ج - لابقيين التجسد المؤثر لتعريف المقياس الذي أصدرته العوامل الغير معرفة بتعريفات المقياس (المعايير الغير مباشرة تأخذه في الاعتبار).

لاحظ أن الإسهام (أ) متضمن في التعريف نفسه و بالتالي يجب أن يجمع دائما مع الإسهامات (ب) و (ج) التي - جزئيا على الأقل - تتداخل بحيث يستطيع الشخص أخذ أقصى قيمة للتقييمين المنفصلين.

٥-١ تبدأ السلسلة الميتروولوجية عند المستوى العالمي باستخدام تعريفات عالمية لمقاييس الصلادة المختلفة للقيام بمقارنات بينية عالمية.

٦-١ "يصدر" عدد من الآلات المعيارية للصلادة الأولية عند المستوى الوطني قوالب مرجعية للصلادة الأولية لمستوى معمل المعايرة. و من الطبيعي أنه يجب أن تكون المعايرة المباشرة أو التحقق من هذه الآلات عند أقصى دقة ممكنة.

٧-١ و ليست هناك أي معايير دولية متاحة لهذه الخطوة الأولى في تجسد مقاييس الصلادة. و نظرا لصغر عدد المعامل على المستوى الوطني ، فإن عملهم ينظم بواسطة إجراءات عمل داخلية للآلات الأولية فقط و - بالطبع- بواسطة القواعد للمقارنات البينية العالمية.

٨-١ على مستوى معمل المعايرة ، تستخدم القوالب المرجعية للصلادة الأولية لتوهدل آلات معايرة الصلادة و التي يجب أيضا أن تعابير بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. و تستخدم هذه الآلات بعد ذلك لمعايرة القوالب المرجعية للصلادة لمستوى المستخدم.

٩-١ على مستوى المستخدم ، تستخدم القوالب المرجعية للصلادة لمعايرة آلات اختبار الصلادة الصناعية بطريقة غير مباشرة بعد معايرتهم بطريقة مباشرة.

١٠-١ و من الضروري تعزيز استقرار مقاييس الصلادة بواسطة إجراء المعايرة هذا ذي الخطوتين لآلات الصلادة :

١- تتأكد المعايرة المباشرة من أن الآلة تعمل بشكل صحيح بالتوافق مع تعريفات الصلادة المتعلقة بالبارمترات المناسبة.

٢- تغطي المعايرة الغير مباشرة أداء الآلة ككل بقوالب مرجعية للصلادة.

١١-١ إن المتطلبات الرئيسية للقوالب المرجعية للصلادة هي الثبات مع الزمن و الانتظام على سطح القالب.

١٢-١ في بعض الحالات، تستخدم قوالب الصلادة المعايرة بالآلات المعايرية الأولية مباشرة للتحقق و معايرة آلات اختبار الصلادة الصناعية. و هذا ليس "in line with" البنية ذات الأربعة مستويات في شكل 1.1 ، و لكن هناك أسباب جيدة لها في ميتروولوجيا الصلادة ، لا يمكن تطبيق القاعدة الكلاسيكية للإيهام في بعض الحالات - بمعنى أنه يجب أن يكون الجهاز المرجعي أفضل من الجهاز المتحكم فيه بـ "an order of" من المقدار أو على الأقل معامل قيمته ثلاثة.

إن فجوة اللايقين بين المستوى الوطني و مستوى المستخدم صغيرة جدا و تضيف كل خطوة من مستوى للتالي إسهاما إضافيا إلى اللايقين الكلي ؛ لذلك فيمكن ان يؤدي التدرج الوظيفي ذو الأربعة مستويات إلى لايقين كبير جدا لقيم صلادة موثوق بها على مستوى المستخدم. و لمعظم المشاكل الميتروولوجية لمقارنة الصلادة ، لانتشار الخطأ و الإسناد إلى المعايير نفس الأصول في هذه الحقيقة. تفسر الحسابات في الجزء ٤ هذه المشكلة.

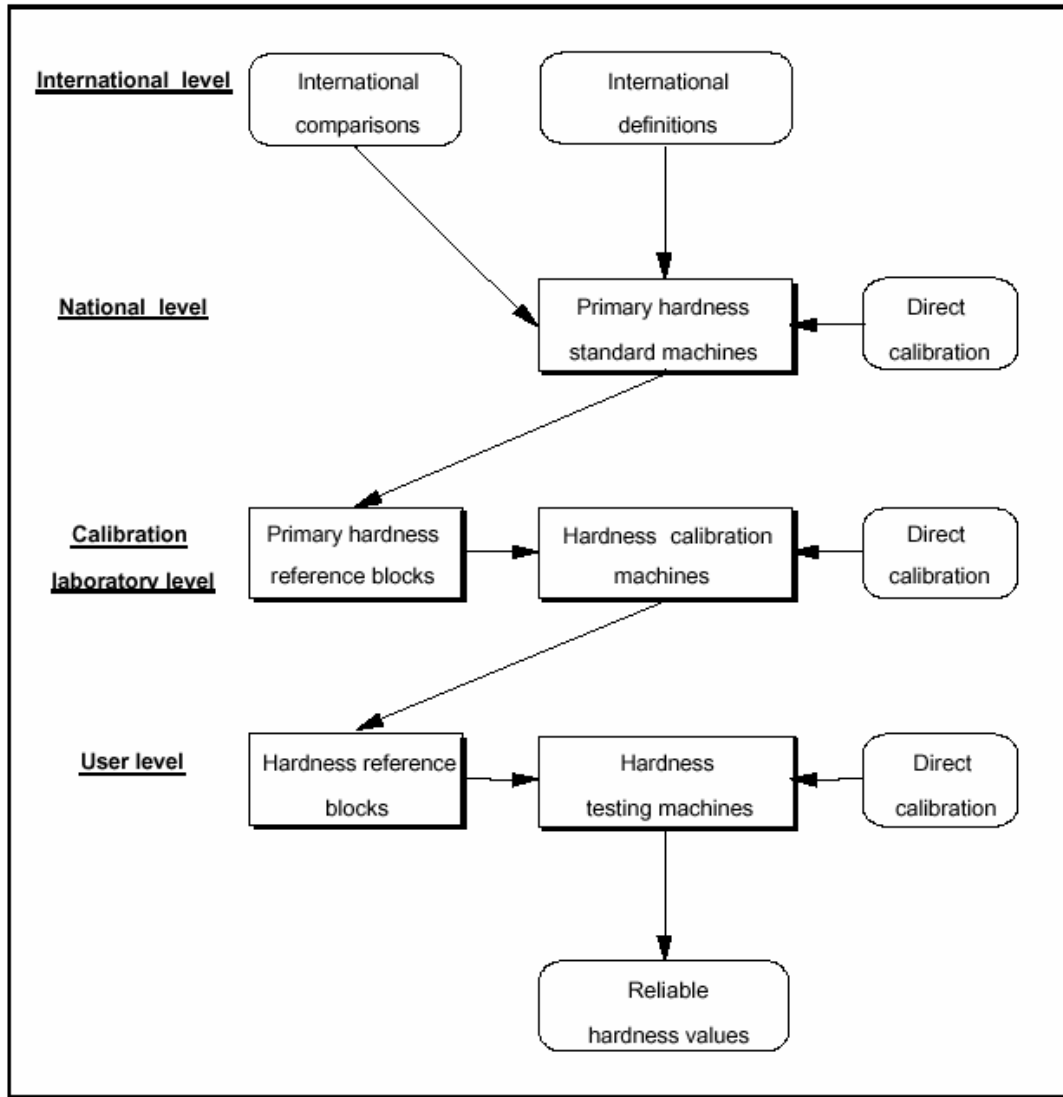


Fig. 1.1: The structure of the metrological chain for the definition and dissemination of hardness scales

٢- البارامترات التي تؤثر على لايقين قياس صلادة الأثر:

١-٠-٢ يمكن أن يعتبر قياس صلادة الأثر عادة غير متلف لأن الجزء المختبر سيظل مستخدماً بعد ذلك. وبالرغم من ذلك ، يجعل التلف عند النقطة الفعلية للاختبار من غير الممكن التحقق من لايقين العملية بقياس متكرر عند نفس النقطة. إنه إذن من المهم أن يؤدي كل قياس وحيد على درجة عالية من الدقة (انظر الجزء ٢-٤).

٢-٠-٢ هناك العديد من البارامترات المؤثرة التي تؤثر على لايقين قياسات الصلادة "more or less seriously" ، وهي مدرجة في جدول 2.1 و تنقسم إلى مجموعات طبقاً

لأصولهم:

١- قطعة الاختبار

٢- آلة اختبار الصلادة

٣- البيئة

٢-٠-٣ يدرج الجدول أكثر من عشرين مصدرا للايقين و الذين من الممكن أن يسهموا جميعهم في اللايقين الكلي لقياسات الصلادة "significantly" . و لا يمكن أن تسهم مصادر اللايقين هذه في كل قياس عند كل مستوى للسلسلة المترولوجية الموضحة في الشكل 1.1 .

٢-١ المادة المرجعية / مادة الاختبار :

٢-١-١ يظهر جدول 2.1 أن مادة قطعة الاختبار تقدم عدد هام من اللايقين. على سبيل المثال، يمكن أن يؤثر سمك قطعة الاختبار على صلادة المقاس إذا اختيرت الطريقة الخاطئة . و كلما زاد عمق الأثر ، كلما احتاجت قطعة الاختبار أن تكون أكثر سمكا. ستثمر المادة التي تكون رفيعة جدا عن نتائج أكثر صلادة نتيجة تأثير "anvilng" . بالإضافة إلى ذلك، إذا كانت المادة رفيعة جدا لدعم قوة الاختبار أثناء القياس ، فإنه يمكن تلف أداة التأثير نفسها و هذا سوف يضعف من مكانة اعتمادية أي قياس أدي بأداة التأثير هذه .

٢-١-٢ يمكن أن تؤثر جودة سطح قطعة الاختبار على نتائج قياسات الصلادة بشكل كبير. و سيتطلب السطح الأكثر خشونة قوة أكبر و/أو أداة تأثير أكبر لإنتاج أثر أكبر. يمكن أن تكون طريقة برينل الأكثر ملاءمة لأن تأثرها بالسطح الخشن أقل من طريقة روكويل أو فيكرز. بالرغم من أن قياسات برينل أكثر تحملا لتشطبيات الأسطح المتغيرة، فإن هناك حدود لخشونة السطح المسموح بها لهذه الطريقة أيضا. و بوجه عام ، فإن انتظام "surface finish" هام لنتائج دقيقة و منتجة.

٢-١-٣ إن نظافة السطح حرجة أيضا بالنسبة لقياسات صلادة دقيقة و منتجة. يمكن أن يسبب "soiling" السطح بالشحم ، الأكسيدات أو الغبار انحرافات ملحوظة ؛ و علاوة على ذلك، يمكن أن تتلف مادة الاختبار أو القالب المرجعية بحيث تتعذر استعادتها.

Table 2.1 : Parameters that affect the uncertainty of indentation hardness measurement

Influencing factor	Source of uncertainty	Remarks	Parameters considered for
--------------------	-----------------------	---------	---------------------------

			calculation	
1-Test piece	Test piece thickness too low			
	Stiffness of the support			
	Grain structure too coarse	Only relevant, if the chosen test method is not appropriate.		
	Surface roughness			
	Inhomogeneous distribution of hardness			
	Surface cleanliness			
2-Hardness testing machine				
a) Machine frame	Friction loss			
	Elastic deflection			
	Misalignment of the indenter holder			
b1) Depth measuring system	Indicating error	Only relevant for Rockwell	indentation depth	h
	Poor resolution			
	Nonlinearity			
	Hysteresis			
b2) Lateral measuring system	Indicating error	Only relevant for Brinell , Vickers , Knoop		
	Poor resolution			
	Numerical aperture of lens or illuminator			
	Inhomogeneous illumination of the indentation			
c) Force application system	Deviation from nominal forces		preliminary/ total test force	F_0, F
	Deviation from time intervals of the testing cycle		preliminary/ total test force dwell time	t_0, t
	Force introduction			
	Overrun of test forces		Indentation velocity	v
d) Indenters	Deviation from the ideal shape		Indenter radius and angle	r, α
	Damage			
	Deformation under force	Only relevant for metal indenters		
3- Environment	Temperature deviation or drift			
	Vibration and shocks			
4- Operator	Wrong selection of test method			

٢-٢ آلة الصلادة :

١-٢-٢ إن تصميم و تجميع و ظروف استخدام آلة الاختبار كلها تؤثر على صحة النتائج يمكن أن يسبب الاحتكاك الزائد الانحياز و عدم التكرارية. حتى الأجهزة التي تعمل بشكل صحيح يمكن أن تعطي نتائج رديئة نتيجة الاحتكاك الزائد في نظام تطبيق القوة. يمكن توقع إسهامات لايقين مشابهة نتيجة الكميات الصغيرة للاحتكاك من نظام قياس العمق.

٢-٢-٢ يمكن أن تسبب عدم الجساءة الزائدة للإطار الداعم لآلة الاختبار و نظام دعم قطعة الاختبار مشاكل أيضا. و ليست انحرافات وحدة صلادة إلى ثلاث وحدات غير مألوفة نتيجة الدعم الغير اللائق لقطعة الاختبار و الانحراف الزائد لإطار الجهاز.

٣-٢-٢ إن نظام القياس خرج نظرا لأن الأبعاد المقاسة صغيرة جدا. فعلى سبيل المثال، فإن وحدة مقياس روكويل عادية تكون مناظرة لعمق الأثر $2\mu\text{m}$ فقط و المقياس السطحي يكون نصف ذلك ، لذلك فإن لايقين نظام القياس هام جدا.

٤-٢-٢ يجب أن يطبق نظام تطبيق القوة قوى دقيقة باستمرار. يجب أن تكون أجهزة القياس العالية الجودة قادرة على تطبيق القوى جيدا ضمن حدود تبلغ $\pm 1.0\%$ لمستوى المستخدم ، و حتى ضمن 0.1% من قيمة القوة الاسمية لآلات المعايرة.

٥-٢-٢ يتطلب تطبيق القوة أن تعرف كل من السرعة و زمن السكون للقوى. يمكن أن تصدر الاختلافات لبارامترات دورة الاختبار التي يمكن أن تحدث مع بعض الآلات المتحكم فيها يدويا اختلافات في النتيجة تصل إلى 1 HRC عند 60 HRC . يمكن أن تعطي المواد الأكثر نعومة و المواد المعرضة للتصليد بالتشغيل (work hardening) لايقين أعلى "significantly" . في هذه الحالات ، يجب أن تقيم إسهامات لايقين زمن السكون و سرعة الأثر للمادة المختبرة تحديدا.

٦-٢-٢ تؤثر خصائص أداة التأثير (indenter) أيضا على لايقين قياسات الصلادة. إنه من السهل نسبيا تصنيع بلية بالشكل المطلوب. بالرغم من ذلك ، يكون حامل البلية هو المصدر الرئيسي للايقين.

٢-٧ إن أداة التأثير الماسية هي الأكثر صعوبة من حيث التصنيع بالشكل المطلوب . و تكون المصادر المحتملة للايقين واضحة و لكن ليس من الضروري في هذا السياق تصنيف تأثير كل منهم بالتفصيل. من المهم أن يلاحظ هنا أن أفضل أداة تأثير روكويل ماسية مصنعة اليوم يمكن أن تسبب اختلافات تصل إلى ± 0.5 HRC عندما تقارن على نفس آلة الاختبار . و ستعطي أداة التأثير الأقل جودة اختلافات أكبر . "significantly"

٣-٢ البيئة :

٢-٣-١ يمكن أن يكون لدرجة الحرارة تأثير ملحوظ على نتائج قياسات الصلادة ، و خاصة إذا كان يجب تحديد الأطوال الصغيرة. إن الحد الأدنى لأثر فيكرز هو $20 \mu\text{m}$ و أقل عمق لمقاييس روكويل N و T هو من $6 \mu\text{m}$ إلى $7 \mu\text{m}$ فقط . و أممية درجة الحرارة هي من 10°C إلى 35°C لطرق الاختبار و $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ لمعايرة القوالب المرجعية طبقا للمعايير ذات الصلة. و هذه الأممية واسعة جدا لبعض مقاييس الصلادة ، و لكن يجب أن تكون العملية خارج هذه الأممية سببا للقلق في أي حالة. و إذا لم يكن تجنب ذلك ممكنا ، يجب القيام بقياسات مقارنة لتقييم تأثير درجة الحرارة.

٢-٣-٢ يمكن ان تسبب التذبذبات ، التداخل الكهربى و قلة النظافة مشاكل خطيرة و التي يكون من الصعب تحديد كميتها . و بالطبع تتطلب قياسات "microhardness" للقوة "ultra-low" بيئة خالية من الاهتزازات تماما، بينما لا تكون متطلبات التذبذب لقوى الاختبار فوق 200 mN "critical" لهذه الدرجة.

٤-٢ المشغل:

تصبح مواضع القياس على سطح العينة مهمة في بعض الحالات. يجب أن تعين مواضع القياسات - على سبيل المثال - القريبة من حافة قطعة أو عند نقاط قريبة من بعضها البعض للتأكد من النتائج الدقيقة. و ليست قيم اللايقين التي تصل إلى 2 HRC غير مألوفة هنا. إن المراقبة الإجمالية للعملية هامة جدا. و لبعض آلات الاختبار الحديثة "features" التي تقلل تأثير المشغل؛ و مع ذلك ، يظل الأخير ضروريا لقياس صلادة ناجح.

٣- الإجراء العام لحساب لايقين قياس الصلادة :

يبنى الإجراء التالي على [1] EA/4-02 (cf. أمثلة عاملة في الجزء ٤) .

أ- صغ العلاقة بين الصلادة المقاسة H (كمية مخرجة) و الكميات المدخلة X_i (دالة نموذجية) في المصطلحات الرياضية:

$$H = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (1)$$

لاحظ أنه في حالة الصلادة ، لا تعرف علاقة رياضية- بأحدث ما توصل إليه- تربط الكميات المدخلة X_i بالكمية المخرجة H . وتعطي الوصلة بتعريفات المقياس التي هي إجراءات تجريبية. و لا تعطي الدالة النموذجية – إن- أكثر من قائمة من العوامل المؤثرة على نتائج القياس. و عمليا ، يكفي هذا لتأسيس إجراء مبني على EA/4-02 ، بشرط انه تتبنى رعاية خاصة لتقييم اللايقين المعياري للكميات المدخلة و معاملات الحساسية كما هو مبين بعد ذلك.

ب- تعرف على كل التصحيحات الهامة و طبقها.

ج- ادرج كل مصادر اللايقين في صورة تحليل لايقين بالتوافق مع الجدول التالي:

جدول ٣-١ : مخطط أولي لترتيب منظم للكميات ، التقديرات ، اللايقين المعياري ، معاملات الحساسية و إسهامات اللايقين المستخدمة في تحليل اللايقين لقياس الصلادة

الكمية	التقدير	اللايقين المعياري	معامل الحساسية	الإسهام في اللايقين المعياري
X_i	x_i	$u(x_i)$	c_i	$u_i(H)$
X_1	x_1	$u(x_1)$	c_1	$u_1(H)$
...
X_n	x_n	$u(x_n)$	c_n	$u_n(H)$
الصلادة	H			$u(H)$

تعرف القيم في جدول ٣-١ كالتالي :

X_i : الكميات - الواردة في جدول ١-٢ - المؤثرة على نتيجة القياس H . كما قيل في ١-٤ ، يمكن تقييم اللايقين بطريقتين مختلفتين : الطريقة الأولى متضمنة القيم الفيزيائية المستخدمة لتعريفات المقياس (القوى ، الأطوال ، الأزمنة ، السرعات ... إلخ) ترجع إلى المعايرة المباشرة؛ الطريقة الثانية متضمنة كل عوامل التأثير الموجودة عمليا ، ترجع إلى المعايرة الغير مباشرة. لاحظ أنه يمكن لشخص افتراض أن الطريقة الثانية هذه تحتوي على كل إسهامات اللايقين ، و لذلك يمكن أن تعطي وحدها قيمة اللايقين المطلوبة ، و لكن هذا ليس صحيحا دائما. فعلى سبيل المثال ، يمكن أداء معايرة غير مباشرة دقيقة جدا و التي تنتج لايقين أصغر من ذلك الذي تصدره السماحيات المقبولة للمعايرة المباشرة [2] . و لهذا السبب ، يجب اتباع كلتا الطريقتين و يؤخذ الأكبر من قيمتي اللايقين المحصول عليهما كنتيجة.

x_i : القيم التقديرية للكميات X_i .

$u(x_i)$: اللايقين المعياري للتقديرات x_i . يمكن اتباع بعض الطرق لتحديد $u(x_i)$. بالنسبة للجزء المتعلق بلايقين تعريفات مقياس الصلادة ، يمكن أن يعتبر الشخص مجالات السماحية للتعريف [3] كمجالات "variability" و يقيم إسهامات اللايقين من طراز B . يجب أن يستخدم اللايقين من طراز B في أي حالة عندما يتاح إعلان للمطابقة فقط. بالنسبة للجزء المتعلق بالمعايرة الغير مباشرة - و التي هي مقارنات تؤدي باستخدام قوالب صلادة - يجب تقييم اللايقين ذي الصلة من طراز B .

C_i : معامل الحساسية المصاحب للتقدير المدخل x_i . و يصف معامل الحساسية C_i المدى الذي تؤثر اختلافات التقدير المدخل على الصلادة H . و كما قيل من قبل أنه بأحدث ما توصل إليه ، لم تعرف الوصلة الرياضية بين x_i و H ، و بالتالي فإنه يجب تقييم معاملات الحساسية تجريبيا بالتغيير ΔH في الصلادة نتيجة تغيير x_i في المدخل المقدر x_i كالتالي:

$$C_i \approx \left. \frac{\Delta H}{\Delta x_i} \right|_{X_1=x_1, \dots, X_n=x_n} \quad (2)$$

و عادة ما يكون التقييم التجريبي لمعاملات الحساسية مستهلكا للوقت ، و لذلك فإنه يكون من المفيد استخدام النتائج التجريبية المعطاة في المادة المطبوعة [4,5] و المخصصة للأمثلة المرفقة ، و لكن يجب أن يكون الشخص حذرا عندما تعتمد العوامل ذات الصلة على خصائص المادة المختبرة (زمن السكون و سرعة الأثر). و تكون بعض التجارب بالمادة المحددة ضرورية في هذه الحالة.

$u_i(H)$: الإسهام في اللايقين المعياري المصاحب للصلادة H الناتج عن اللايقين

المعياري $u(x_i)$ المصاحب للتقدير المدخل x_i :

$$u_i(H) = c_i u(x_i) \quad (3)$$

د- بالنسبة للقيم المدخلة الغير مترابطة ، يعطي مربع اللايقين $u(H)$ المصاحب

للصلادة المقاسة H بـ :

$$u^2(H) = \sum_{i=1}^n u_i^2(H) \quad (4)$$

هـ - احسب الإسهام $u_i(H)$ في اللايقين المصاحب للصلادة H الناتج عن التقدير

المدخل x_i طبقا للمعادلات (2) و (3) و اجمع مربعاتهم كما هو موضح في المعادلة

(4) للحصول على مربع اللايقين المعياري $u(H)$ للصلادة H لكل كمية مدخلة

X_i .

و- احسب اللايقين الموسع U بضرب اللايقين المعياري $u(H)$ المصاحب للصلادة

H في معامل تغطية $k = 2$:

$$U = ku(H) \quad (5)$$

و يجب أن تكون درجات الحرية المؤثرة V_{eff} في الحالات الاستثنائية أقل من 15 ، ثم

احسب معامل التغطية k طبقا لـ EA/4-02 ، ملحق E[1] .

ز- أورد نتيجة القياس كالتالي : في شهادات المعايرة ، يجب أن تعطى النتيجة الكاملة

للقياس المتضمن على التقدير H للمقيس و اللايقين الموسع المصاحب U في صورة

$(H \pm U)$. و يجب إضافة ملحوظة توضيحية لهذا و التي يجب - في الحالة العامة- أن يكون لها المحتوى التالي :

تم الحصول على لايقين القياس الموسع الوارد بضرب اللايقين المعياري المجمع في معامل التغطية $k = 2$ و الذي - بالنسبة لتوزيع طبيعي - يناظر مستوى ثقة p قيمته 95% تقريبا. و حدد لايقين القياس المعياري المجمع بالتوافق مع EA/4-02 [1].

٤- تطبيق مقياس روكويل C : تقييم و انتشار اللايقين :

تتطلب وثائق المعايير ذات الصلة [2] استخدام كلتا طريقتي المعايير المباشرة و غير المباشرة ، على الأقل مع آلات اختبار صلادة جديدة أو منقحة أو "reinstalled" . إن استخدام طريقتي المعايير كليهما معا يعد من الممارسة الجيدة دائما.

٤-١ لايقين معايرة آلات اختبار الصلادة (طريقة المعايرة المباشرة) :

٤-١-١ ١-١-٤ تبنى طريقة المعايرة المباشرة على أساس القياس المباشر لبارامترات مقياس الصلادة الذي وصفه ISO 6508-2 [2] . على الرغم من أنه لا يمكن تأسيس دالة تحليلية لوصف الصلة بين البارامترات المعرفة و نتيجة الصلادة [4]، فإن بعض التجارب [5] تسمح - كما هو موضح في الجزء ٣ - بتقييم انتشار اللايقين. و مع ذلك ، يجب أن يكون الشخص حذرا في التطبيق لأن بعض البارامترات تتصل في المقام الأول بنظام القياس (قوة اختبار تمهيدية ، قوة الاختبار الكلية ، عمق الأثر، هندسة أداة التأثير ، تصلب الإطار) بينما يرجع آخرون إلى المقيس (تأثير الزحف ، تأثير التصليد بالانفعال).

٤-١-٢ يمكن وصف البارامترات المتعلقة بالمقيس كبيان مبني على النتائج التي حصل عليها بقوالب الصلادة المرجعية ، و لكن يجب تقييمها مباشرة للمقيس المحدد. و يعتمد تأثير الزحف على كل من نظام القياس و خصائص المادة ؛ كمية الزحف هي دالة في خصائص الزحف للمادة، و تعتمد أيضا على الزمن الذي يتطلبه نظام القياس لتسجيل القوة . و بالنسبة لآلة التصفير اليدوية - بوجه عام- يتوقف الزحف عندما يصل أخيرا إلى الصفر. و حتى الآلات الأوتوماتيكية تكون "more or less" سريعة. و تصدر الآلة التي تستغرق خمس ثوان لتطبيق اختبار القوة التمهيدي استرخاء للزحف مختلف عن آلة تستغرق ثانية واحدة فقط و لن تساعد الملاحظة الدقيقة لزمن سكون القوة مدته أربع ثوان في الحصول على نتائج "compatible" .

٤-١-٣ هناك دعوة للحذر من تفسير القيم العددية لأن النتائج التي حصل عليها بالآلات اليدوية القديمة لا تستطيع أن تمثل هؤلاء لأن آلة اختبار الصلادة الأوتوماتيكية الحديثة المصممة لإنتاج الأثر في أقصر وقت ممكن.

٤-١-٤ و قد وصف تقييم اللايقين في الوثيقة ذات الصلة EA/4-02 [1] . يجب أن يقيم حساب اللايقين بطرق مختلفة معتمدا على أنواع البيانات المتاحة. إن الخطوة الأولى هي تقييم المعايير المناسبة المناظرة لبارامترات القياس المتضمنة (متغيرات مستقلة).

٤-١-٥ تسمح نتائج القياس المعطاة في شهادة المعايرة - بلايين محدد عادة لمعامل تغطية $k = 2$ - بحساب اللايقين المعياري. و تكفي قسمة اللايقين المعطي على معامل التغطية المذكور. يمكن أن يستخدم إعلان التوافق لتقييم اللايقين المعياري أيضا - مع أخذ فترة السماحية $\pm a$ في الاعتبار. و يجب استخدام دالة ذات توزيع مستطيل و لها معايرة مناظرة $u^2 = a^2/3$.

٤-١-٦ الخطوة الثانية هي حساب اللايقين المعياري المجمع. إذا كانت الصلادة H هي المقيس (متغير تابع) فإنه يمكن تمثيلها نظريا كدالة لقياس متغيرات مستقلة. الرموز المستخدمة مشار إليها في جدول ٤-١ :

$$H = f(F_0, F, r, \alpha, t_0, t, v, h, N, S) \quad (6)$$

أكثر وضوحا ، المعادلة هي :

$$H = N - \frac{h}{S} + \sum \left(\frac{\partial H}{\partial x_i} \right) \Delta x_i \quad (7)$$

حيث x_i هي المتغيرات المستقلة في المعادلة (9) .

٤-١-٧ باستخدام معاملات الحساسية المناسبة - يعني المشتقات الجزئية للمتغير التابع H ضد المتغيرات المستقلة x_i ، يحصل الشخص على الصيغة لتقييم انتشار اللايقين في تقريب المتغيرات المستقلة الغير مترابطة:

$$u^2(H) \approx \sum_{i=1}^n u_i^2(H) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i) \quad (8)$$

و عمليا ، فإنه يمكن تقريب المشتقات الجزئية بالنسب التزايدية :

$$u^2(H) \approx \left(\frac{\Delta H}{\Delta F_0}\right)^2 u^2(F_0) + \left(\frac{\Delta H}{\Delta F}\right)^2 u^2(F) + \left(\frac{\Delta H}{\Delta r}\right)^2 u^2(r) + \left(\frac{\Delta H}{\Delta \alpha}\right)^2 u^2(\alpha) \\ + \left(\frac{\Delta H}{\Delta t_0}\right)^2 u^2(t_0) + \left(\frac{\Delta H}{\Delta t}\right)^2 u^2(t) + \left(\frac{\Delta H}{\Delta v}\right)^2 u^2(v) + \left(\frac{\Delta H}{\Delta h}\right)^2 u^2(h) \quad (9)$$

٤-١-٨ يمكن تقييم اللايقين المعياري لحالات مختلفة. فعلى سبيل المثال ، يظهر جدول ٤-٢ تقييم اللايقين المعياري $u(H)$ و اللايقين الموسع مع معامل تغطية $k = 2$ لتقييم التوافق لآلات اختبار الصلادة وأداة التأثير للمعيار ذي الصلة [2]. وقد تم عمل هذا باستخدام السماحيات المناسبة لحساب اللايقين المعياري من طراز B .

جدول ٤-١ : الرموز المستخدمة :

لايقين تعريف مقياس الصلادة	u_d	زمن سكون قوة الاختبار الكلية	t	الصلادة المقاسة	H
لايقين الآلة المعيارية للصلادة الأولية	u_m	سرعة الأثر	v	قوة الاختبار التمهيدية	F_0
لايقين استقرار آلة المعايرة	u_s	عمق الأثر	h	قوة الاختبار الكلية	F
لايقين التوفيق	u_f	رقم ثابت يعتمد على المقياس	N	نصف قطر أداة التأثير	r
درجات الحرية	V_i	رقم ثابت يعتمد على المقياس	S	زاوية أداة التأثير	α
				زمن سكون قوة الاختبار التمهيدية	t_0

متوسط نتيجة قياس الصلادة لقلب الصلادة الأولية المرجعية	S_c	الانحراف المعياري للقياسات H_c	H_b
نتيجة واحدة لقياس الصلادة لقلب الصلادة الأولية المرجعية	S_{ci}	الانحراف المعياري للقياسات H_{ci}	H_{bi}

قيم الصلادة الوسطي لمقياس آلة المعايرة	H_c	لايقين معايرة قوالب الصلادة الأولية المرجعية باعتبار تعريف المقياس	u_{bd}
قيم الصلادة الوحيدة لمقياس آلة المعايرة	H_{ci}	لايقين معايرة قوالب الصلادة الأولية المرجعية باعتبار لايقين الآلة المعايرية للصلادة الأولية	u_{bm}
لايقين آلة المعايرة باعتبار لايقين تعريف المقياس و لايقين التوفيق	u_{cdf}	الانحراف المعياري للمقياس H_b	S_b
لايقين آلة المعايرة باعتبار لايقين آلة المصدر العياري و لايقين التوفيق	u_{cmf}	الانحراف المعياري للقياسات H_{bi}	S_{bi}
لايقين آلة المعايرة باعتبار لايقين تعريف المقياس و نتائج المعايرة الغير مصححة	u_{cdu}	لايقين معايرة آلة المعايرة باعتبار تعريف المقياس	u_{cd}
لايقين آلة المعايرة باعتبار لايقين آلة المصدر العياري و نتائج المعايرة الغير مصححة	u_{cmu}	لايقين معايرة آلة المعايرة باعتبار لايقين الآلة المعايرية للصلادة	u_{cm}
		القيمة التصحيحية	ΔH

جدول ٤-٢ : تقييم انتشار اللايقين لتقييم توافق آلة اختبار الصلادة و أداة التأثير

الإسهامات في $u^2(H)/HRC^2$ عند مستويات صلادة مختلفة	معاملات الحساسية عند مستويات صلادة	$u^2(x_i) = \frac{a_i^2}{3}$	a_i	X_i
---	------------------------------------	------------------------------	-------	-------

$$u^2(H) \approx \sum_{i=1}^n u_i^2(H) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i)$$

مواصفات الإصدار: ٢٠٠٦ أغسطس: أ. غ. ص. ١٩ من ٢٨
رقم الإصدار: ١
مواصفات الإصدار: ٢٠٠٦ أغسطس: أ. غ. ص. ١٩ من ٢٨
رقم الإصدار: ١
مواصفات الإصدار: ٢٠٠٦ أغسطس: أ. غ. ص. ١٩ من ٢٨
رقم الإصدار: ١

60 to 65	40 to 45	20 to 25	60 to 65	40 to 45	20 to 25			
$3.3 \cdot 10^{-3}$	$6.4 \cdot 10^{-3}$	$1.9 \cdot 10^{-2}$	$5.0 \cdot 10^{-2}$	$7.0 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-1}$	$1.3 \cdot 10^0$	2	F_0/N
$3.0 \cdot 10^{-2}$	$6.8 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-1}$	$-2.0 \cdot 10^{-2}$	$-3.0 \cdot 10^{-2}$	$-4.0 \cdot 10^{-2}$	$7.5 \cdot 10^{+1}$	15	F/N
$6.6 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-2}$	$6.9 \cdot 10^{-2}$	$4.0 \cdot 10^{-1}$	$8.0 \cdot 10^{-1}$	$1.3 \cdot 10^{+0}$	$4.1 \cdot 10^{-2}$	0.35	$\alpha/^\circ$
$8.3 \cdot 10^{-2}$	$3.0 \cdot 10^{-2}$	$7.4 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{+1}$	$3.0 \cdot 10^{+1}$	$1.5 \cdot 10^{+1}$	$3.3 \cdot 10^{-5}$	0.01	r/mm
$8.3 \cdot 10^{-2}$	$8.3 \cdot 10^{-2}$	$8.3 \cdot 10^{-2}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	$3.3 \cdot 10^{-1}$	1	$h/\mu m$
$1.9 \cdot 10^{-1}$	$0.0 \cdot 10^0$	$8.4 \cdot 10^{-2}$	$3.0 \cdot 10^{-2}$	$0.0 \cdot 10^0$	$-2.0 \cdot 10^{-2}$	$2.1 \cdot 10^{+2}$	25	$v/(\mu m/s)$
$1.2 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$7.5 \cdot 10^{-5}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-2}$	$7.5 \cdot 10^{-1}$	1.5	t_0/s
$1.2 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$	$6.4 \cdot 10^{-3}$	$-3.0 \cdot 10^{-2}$	$-4.0 \cdot 10^{-2}$	$-7.0 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^0$	2	t/s
0.40	0.22	0.39	$u^2/HRC^2 = \sum u_i^2/HRC^2$ المجموع					
0.63	0.46	0.62	u/HRC اللايقين المعياري					
1.26	0.93	1.25	$U/HRC = ku/HRC$ اللايقين الموسع					

٩-١-٤ يظهر جدول ٣-٤ تقييم اللايقين المعياري و الموسع لشهادات المعايرة لآلة اختبار الصلادة و أداة التأثير. و هنا المثال لمستوى الصلادة من HRC 20 إلى 25 HRC . لاحظ أن الاختلافات بين البارامترات و القيم الاسمية معروفة - مع لايقينها - و لذلك فمن الممكن تقدير كل من التصحيح H_i و لايقينه $u(H_i)$ باستخدام نفس معاملات الحساسية كالسابق.

١٠-١-٤ بينما يمكن اعتبار درجات الحرية V_i للبارامترات المختلفة كبيرة بما يكفي لتطبيق توزيع جاوس في حالة إسهامات اللايقين من طراز B ، فإنه في هذه الحالة تعتمد V_i على إجراء القياس المتبني . يحدد جدول ٣-٤ قيم مثالية لـ V_i .

جدول ٣-٤ : تقييم انتشار اللايقين في شهادة المعايرة لآلة اختبار الصلادة و أداة التأثير لمستوى صلادة من HRC 20 إلى HRC 25

الصلادة المقاسة			$c_i = \frac{\Delta H}{\Delta x_i}$	بيانات الشهادة			X_i
$u_i^4(H)/v_i$	$u_i^2(H)$	ΔH_i		v_i	$U_i(2\sigma)$	Δx_i	

HRC^4	HRC^2	HRC					
$2.6 \cdot 10^{-9}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$	0.1	$1.2 \cdot 10^{-1}$	8	0.2	0.8	F_0/N
$1.0 \cdot 10^{-7}$	$9.0 \cdot 10^{-4}$	0.17	$-4.0 \cdot 10^{-2}$	8	1.5	-4.3	F/N
$2.2 \cdot 10^{-6}$	$4.2 \cdot 10^{-3}$	0.26	$1.3 \cdot 10^0$	8	0.1	0.2	$\alpha/^\circ$
$6.3 \cdot 10^{-9}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	0.11	$1.5 \cdot 10^{+1}$	8	0.002	0.007	r/mm
$2.1 \cdot 10^{-6}$	$2.5 \cdot 10^{-3}$	0.25	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	3	0.2	-0.5	$h/\mu m$
$3.1 \cdot 10^{-6}$	$2.5 \cdot 10^{-3}$	-0.40	$-2.0 \cdot 10^{-2}$	2	5	20	$v/(\mu m/s)$
$1.3 \cdot 10^{-7}$	$6.3 \cdot 10^{-6}$	0.01	$1.0 \cdot 10^{-2}$	3	0.5	1	t_0/s
$3.1 \cdot 10^{-8}$	$3.1 \cdot 10^{-4}$	-0.07	$-7.0 \cdot 10^{-2}$	3	0.5	1	t/s
$7.6 \cdot 10^{-6}$	0.011	0.42	المجموع				
	0.10		u/HRC اللاتيين المعياري				
	15		درجات الحرية				
	2.13		معامل التغطية k لمستوى ثقة $p = 95\%$				
	0.22		$U/HRC = ku/HRC$ اللاتيين الموسع				
$u_i^2(H) \approx c_i^2 u^2(x_i)$ و $\Delta H_i = c_i \Delta x_i$ حيث							

١١-١-٤ يمكن استخدام هذه الطريقة بأسلوب صحيح فقط إذا عرفت القيم الاسمية للبارامترات المختلفة . إذا كانت - كما في حالة معايير دارجة- هناك بارامترات غير معرفة كقيم اسمية لها سماحية معطاة و لكن معرفة كفترات احتمال منتظمة ، فإن المرجع إلى " القيمة الاسمية " يكون غير ممكن. و بالتالي ، فإن اللاتيين المحسوب بهذه الطريقة يمكن أن يقبل فقط عندما يكون هناك اتفاق تمهيدي على "القيم الاسمية" لبارامترات القياس.

٢-٤ لايقين المعايرة لطريقة المعايرة الغير مباشرة :

١-٢-٤-١-٠-٢-٤ تبنى طريقة المعايرة الغير مباشرة على السلسلة الميتروولوجية. التابع المثالي هو

(cf. شكل 1.1) :

أ- تعريف مقياس الصلادة

ب- تجسيد تعريف مقياس الصلادة بآلة معيارية للصلادة الأولية

ج - معايرة القوالب المرجعية للصلادة الأولية لبت مقياس الصلادة

د- معايرة آلة معايرة الصلادة للإنتاج الصناعي للقوالب المرجعية للصلادة

هـ - معايرة القوالب المرجعية للصلادة

و- معايرة آلات اختبار الصلادة الصناعية باستخدام قوالب الصلادة المرجعية

ز- قياس الصلادة المقام بآلات اختبار الصلادة الصناعية

١-٢-٤-٠ يمكن أيضا الانتقال مباشرة من الخطوة (ج) إلى الخطوة (و) أو إضافة معايرة آلة "front line" اختبار الصلادة من نظام الجودة الصناعي و - داخل نظام الجودة - لمعايرة قوالب الصلادة المرجعية اللازمة لمعايرة آلات اختبار صلادة أخرى تستخدم ضمن نظام الجودة نفسه بعد الخطوة (هـ). لاحظ أنه بعد الخطوة (د) ، تكون الخطوات المتتالية هي تكرارات للخطوات السابقة. و بالتالي ، يمكن حصر وصف تقييم اللايقين في الأربع خطوات الأولى.

١-٢-٤-١ اللايقين u_d الخاص بتعريف مقياس صلادة روكويل:

١-٢-٤-١ يشبه تقييم اللايقين u_d لتعريف مقياس الصلادة و تجسيده تقييم اللايقين نتيجة

طريقة المعايرة المباشرة ، مع أخذ السماحيات التي وصفتها [3] ISO 6508-3 في الاعتبار. يمثل جدول ٤-٤ مثال لتقييم اللايقين. لاحظ أن إسهامات اللايقين هي من طراز B ، لذلك يستخدم معامل التغطية $k = 2$.

جدول ٤-٤ : تقييم اللايقين u_d نتيجة تعريف مقياس روكويل C و تجسيده :

الإسهامات في $u^2(H)/HRC^2$ عند مستويات صلادة مختلفة			معاملات الحساسية عند مستويات صلادة مختلفة			$u^2(x_i) = \frac{a_i^2}{3}$	a_i	X_i
$u^2(H) \approx \sum_{i=1}^n u_i^2(H) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i)$			$c_i = \frac{\Delta H}{\Delta x_i}$					
60 to 65	40 to 45	20 to 25	60 to 65	40 to 45	20 to 25	1.3 · 10 ⁻²	0.2	F_0/N
3.3 · 10 ⁻⁵	6.4 · 10 ⁻⁵	1.9 · 10 ⁻⁴	5.0 · 10 ⁻²	7.0 · 10 ⁻²	1.2 · 10 ⁻¹			
3.0 · 10 ⁻⁴	6.8 · 10 ⁻⁴	1.2 · 10 ⁻³	-2.0 · 10 ⁻²	-3.0 · 10 ⁻²	-4.0 · 10 ⁻²			

$5.3 \cdot 10^{-4}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$	$5.6 \cdot 10^{-3}$	$4.0 \cdot 10^{-1}$	$8.0 \cdot 10^{-1}$	$1.3 \cdot 10^{+0}$	$3.3 \cdot 10^{-3}$	0.1	$\alpha / ^\circ$
$2.1 \cdot 10^{-2}$	$7.5 \cdot 10^{-3}$	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{+1}$	$3.0 \cdot 10^{+1}$	$1.5 \cdot 10^{+1}$	$8.3 \cdot 10^{-6}$	0.005	r/mm
$3.3 \cdot 10^{-3}$	$3.3 \cdot 10^{-3}$	$3.3 \cdot 10^{-3}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	$1.3 \cdot 10^{-2}$	0.2	$h/\mu m$
$3.0 \cdot 10^{-2}$	$0.0 \cdot 10^0$	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$3.0 \cdot 10^{-2}$	$0.0 \cdot 10^0$	$-2.0 \cdot 10^{-2}$	$3.3 \cdot 10^{+1}$	10	$v/(\mu m/s)$
$1.2 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$7.5 \cdot 10^{-5}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-2}$	$7.5 \cdot 10^{-1}$	1.5	t_0/s
$1.2 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$	$6.4 \cdot 10^{-3}$	$-3.0 \cdot 10^{-2}$	$-4.0 \cdot 10^{-2}$	$-7.0 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^0$	2	t/s
0.06	0.02	0.03	$u_d^2 / HRC^2 = \sum u_i^2 / HRC^2$ المجموع					
0.24	0.13	0.18	u_d / HRC اللايقين المعياري					
0.47	0.26	0.36	$U / HRC = k u_d / HRC$ اللايقين الموسع					

٢-١-٢-٤ أكدت القيم المقدرة بالنتائج التي حصل عليها أثناء المقارنات الدولية ، و خاصة تلك المتضمنة أكبر عدد من المشاركين و التي تظهر انتشار للنتائج قيمته حوالي $\pm 0.5 HRC$.

٢-٢-٤ لايقين تجسيد تعريف مقياس روويل للصلادة:

١-٢-٢-٤ لتوضيح تقييم اللايقين لأحدث الخصائص للآلات المعيارية للصلادة الأولية، يمكن للشخص القيام بحساب مشابه لذلك الذي في جدول ٤-٣ ، أخذا اللايقين ذا الصلة كما هو مبين في جدول ٤-٥ في الاعتبار. و تكون النتائج مبعثا للتفاوت لأن البارامترات الهامة - مثل أداء أداة التأثير - ليست مفسرة، و مع ذلك يجب أن يعتبر هؤلاء متضمنين في اللايقين نظرا للتعريف. و يمكن رؤية أن لايقين الآلة يهمل تقريبا بالمقارنة بتأثير السماحيات التي أعطاهها التعريف مع غياب إسهامات اللايقين من الكميات المؤثرة في التعريف نفسه.

جدول ٤-٥ : تقييم اللايقين u_m بناء على أحدث الخصائص للآلات المعيارية

للصلادة الأولية لمستوى صلادة من 20 HRC إلى 25 HRC .

الصلادة المقاسة			$c_i = \frac{\Delta H}{\Delta x_i}$	بيانات الشهادة			X_i
$u_i^4(H)/v_i$	$u_i^2(H)$	ΔH_i		v_i	$U_i(2\sigma)$	Δx_i	

HRC^4	HRC^2	HRC					
$6.5 \cdot 10^{-15}$	$3.6 \cdot 10^{-7}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-1}$	20	0.01	0.01	F_0/N
$5.0 \cdot 10^{-14}$	$1.0 \cdot 10^{-6}$	$-6.0 \cdot 10^{-3}$	$-4.0 \cdot 10^{-2}$	20	0.05	0.15	F/N
$1.4 \cdot 10^{-9}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$6.5 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^0$	20	0.02	0.05	$\alpha / ^\circ$
$1.6 \cdot 10^{-10}$	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$4.5 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{+1}$	20	0.001	0.003	r/mm
$1.2 \cdot 10^{-9}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$-5.0 \cdot 10^{-2}$	$-5.0 \cdot 10^{-1}$	20	0.05	0.1	$h/\mu m$
$1.6 \cdot 10^{-8}$	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$-1.0 \cdot 10^{-1}$	$-2.0 \cdot 10^{-2}$	10	2	5	$v/(\mu m/s)$
$1.0 \cdot 10^{-13}$	$1.0 \cdot 10^{-6}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-2}$	10	0.2	0.5	t_0/s
$2.4 \cdot 10^{-10}$	$4.9 \cdot 10^{-5}$	$-3.5 \cdot 10^{-2}$	$-7.0 \cdot 10^{-2}$	10	0.2	0.5	t/s
$1.9 \cdot 10^{-8}$	0.001	-0.07	المجموع				
	0.03	u_m / HRC اللايقين المعياري					
	36	درجات الحرية					
	2.03	$p = 95\%$ معامل التغطية k لمستوى ثقة					
	0.06	$U/HRC = ku/HRC$ اللايقين الموسع					
$u_i^2(H) \approx c_i^2 u^2(x_i)$ و $\Delta H_i = c_i \Delta x_i$ حيث							

٢-٢-٢-٤ إن قيمة اللايقين هي أساسا نتيجة سماحيات بارامترات القياس التي وصفها المعايير ذات الصلة . و بالرغم من أن جدول ٤-٤ لا يأخذ الإسهام الناتج عن الآلة المعيارية للصلادة الأولية في الاعتبار - لتجسيد التعريف نفسه - فإنه يمكن أن يظل يعتبر تقييم شامل.

٣-٢-٤ لايقين معايرة قوالب روكويل المرجعية للصلادة الأولية:

١-٣-٢-٤ تعابير الآلة المعيارية للصلادة الأولية القالب المرجعية للصلادة الأولية صانعة خمس قياسات صلادة H_{bi} . و تؤخذ القيمة الوسطى كقيمة الصلادة للقالب.

٢-٣-٢-٤ يكشف تكرار القياس تأثيرات عدم انتظام سطح القالب المرجعية و تكرارية الآلة المعيارية للصلادة الأولية ، متضمنة قدرة تحليلها . و يجب تقدير التأثيرات الأخرى

– مثل استقرار الصلادة للقوالب المرجعية- من الخبرة مع القوالب المرجعية و شروط صيانتها.

٤-٢-٣-٣ يمكن تقييم اللايقين u_{bd} أو u_{bm} الخاص بـ H_b من اللايقين الناتج عن تعريف المقياس u_d - المعطى في جدول ٤-٤ - مجمعا مع الانحراف المعياري s_b الخاص بـ H_b و المقيم باستخدام الانحراف المعياري s_{bi} للقياسات H_{bi} و ذلك فيما عدا الانسياق المحتمل و الذي يجب تقييمه بشكل منفصل.

٤-٢-٣-٤ يعطى اللايقين u_{bd} أو u_{bm} بـ :

$$s_{bi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (H_{bi} - H_b)^2}{4}} \quad (10)$$

$$s_b = \frac{s_{bi}}{\sqrt{5}} \quad (11)$$

$$u_{bd} = \sqrt{u_d^2 + s_b^2} \quad or \quad u_{bm} = \sqrt{u_m^2 + s_b^2} \quad (12)$$

٤-٢-٣-٥ يجب أن تذكر شهادة المعايرة قيمة اللايقين المعياري u_{bd} على الأقل. و تطلب أيضا قيمة u_{bm} . و يمكن ضم القيم الصريحة لإسهامات اللايقين [5,6] للعلم.

٤-٢-٤ لايقين معايرة آلات معايرة روكويل :

٤-٢-٤-١ تعابير قوالب الصلادة قالب الصلادة المرجعية بمعايرة الصلادة بعمل خمس قياسات صلادة H_{ci} . و تقارن القيمة المتوسطة H_c بصلادة القالب H_b لمعايرة الآلة لذلك المقياس و تلك الصلادة $(\Delta H = H_c - H_b)$.

٤-٢-٤-٢ يكشف تكرار القياس تأثيرات عدم انتظام سطح القالب المرجعية و تكرارية آلة معايرة الصلادة متضمنة قدرة تحليلها. لذلك فيمكن تقييم اللايقين u_{cd} أو u_{cm} مع الانحراف المعياري s_c الخاص بـ H_c المحسوب باستخدام الانحراف المعياري s_{ci} للقياسات H_{ci} و يستثنى استقرار آلة المعايرة u_s و الذي يجب تقديره منفصلا لأنه يعتمد على الظروف العاملة.

٣-٤-٢-٤ يجب تطبيق التصحيح ΔH عن طريق الصلادة المقاسة لتقليل اللايقين. يجب أن يستوفي الشخص النتائج ΔH لاستنتاج اللايقين u_{cdf} أو u_{cmf} عند أي نقطة لمقياس الآلة. ويعتمد اللايقين نتيجة التوفيق u_f على بنية آلة المعايرة وخصائصها العاملة، و يجب إذن تحديده لتمييز الآلة نفسها بمعايرة على خمس مستويات بمقارنة القطع المكافئ ذي الأذنى مربعات (least squares parabola) بالقطع المكافئ المار خلال النقاط الثلاث عند مستوى الصلادة المختار للمراجعات الدورية المتتالية.

٥-٤-٢-٤ بالنسبة للايقين u_{cdf} أو u_{cmf} عندنا :

$$s_{ci} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (H_{ci} - H_c)^2}{4}} \quad (13)$$

$$s_c = \frac{s_{ci}}{\sqrt{5}} \quad (14)$$

$$u_{cd} = \sqrt{u_{bd}^2 + s_c^2} \quad or \quad u_{cm} = \sqrt{u_{bm}^2 + s_c^2} \quad (15)$$

$$u_{cdf} = \sqrt{u_{cd}^2 + u_f^2} \quad or \quad u_{cmf} = \sqrt{u_{cm}^2 + u_f^2} \quad (16)$$

إذا لم يطبق التصحيح ΔH ، يحسب اللايقين u_{cdu} و u_{cmu} باستخدام :

$$u_{cdu} = \sqrt{u_{cd}^2 + \Delta H^2} \quad or \quad u_{cmu} = \sqrt{u_{cm}^2 + \Delta H^2} \quad (17)$$

٥-٤-٢-٤ يجب أن تذكر شهادة المعايرة على الأقل قيمة اللايقين المعياري u_{cdf} و تطلب

أيضا قيمة u_{cmf} . يمكن ضم القيم الصريحة لإسهام اللايقين [5,6] للعلم.

٥-٢-٤ لايقين معايرة قوالب الصلادة المرجعية و آلات اختبار الصلادة :

تستخدم نفس الإجراءات كالتالي وصفت أعلاه لمعايرة القوالب المرجعية للصلادة الأولية و آلات معايرة الصلادة لمعايرة قوالب الصلادة المرجعية و آلات اختبار الصلادة و يجب استخدام الصيغ المعطاة لتلك الحالات.

٦-٢-٤ مثال عددي :

يمكن عرض تقييم اللايقين كما في المثال التالي في جدول ٤-٦ :

جدول ٤-٦ : سلسلة المعايرة الغير مباشرة - تقييم اللايقين

60 to 65	40 to 45	20 to 25	مستوى الصلادة
0.24	0.13	0.18	تعريف و لايقين الآلة المعياري (u_d) (انظر جدول ٤-٤)
			معايرة القوالب المرجعية للصلادة الأولية
5	5	5	عدد الآثار
0.12	0.17	0.23	عدم انتظام القالب المرجعية للصلادة الأولية و إنتاجية الآلة . الانحراف المعياري ذو الصلة (S_{bi}) (معادلة 10)
0.05	0.08	0.10	الانحراف المعياري لمتوسط الآثار (S_b) (معادلة 11)
0.25	0.15	0.21	لايقين قيمة الصلادة للقوالب المرجعية $(u_{bm}$ أو $u_{bd})$ (معادلة 12)
			معايرة آلة معايرة الصلادة
5	5	5	عدد الآثار
0.17	0.23	0.29	عدم انتظام القالب المرجعية للصلادة الأولية و إنتاجية الآلة . الانحراف المعياري ذو الصلة (S_{ci}) (معادلة 13)
0.08	0.10	0.13	الانحراف المعياري لمتوسط الآثار (S_c) (معادلة 14)
0.06	0.04	0.09	لايقين التوفيق u_f
0.26	0.18	0.26	لايقين مقياس الصلادة لآلة المعايرة $(u_{cmf}$ أو $u_{cdf})$ (المعادلات 15 و 16)
			معايرة قالب الصلادة المرجعية :
5	5	5	عدد الآثار
0.17	0.23	0.29	عدم انتظام قالب الصلادة المرجعية و إنتاجية الآلة . الانحراف المعياري ذو الصلة (S_{bi}) (معادلة 10)
0.08	0.10	0.13	الانحراف المعياري لمتوسط الآثار (S_b) (معادلة 11)
0.27	0.22	0.29	لايقين قيمة الصلادة للقوالب المرجعية $(u_{bm}$ أو $u_{bd})$ (معادلة 12)
42	26	30	درجات الحرية المؤثرة V_i

2.02	2.06	2.04	معامل التغطية
0.55	0.44	0.59	U اللايقين الموسع

٥- المراجع :

- [1] EA/4-02: *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*, December 1999
- [2] ISO 6508-2:1999: *Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 2: Verification and calibration of the testing machine*
- [3] ISO 6508-3:1999: *Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 3: Calibration of reference blocks*
- [4] Barbato, G.; Desogus, S.: *The meaning of the geometry of Rockwell indenters IMGC Technical Report, No. R128, 1978, 6*
- [5] Petik, F.: *The Unification of Hardness Measurement*, BIML, Paris, 1991, p.66-69
- [6] *OIML SP 19/SR 4: Compte-rendu de la comparaison internationale des échelles de dureté* BIML, 1984