Study the efficiency of the means of testing using the C_g / C_{gk} method and the GRR method.

Entisar Brhoom*

(Received 26 / 11 / 2018. Accepted 28 / 5 / 2019)

□ ABSTRACT □

The laboratories located in the scientific, industrial and inter-disciplinary institutions are of great importance. They always strive to produce accurate and accurate results and to prove the accuracy of their results and to monitor the quality of the product so that these products comply with the standards set, Production and quality, the lack of full implementation of quality systems within laboratories is one of the main reasons for obtaining inaccurate results.

This study presents a study on the efficiency of the means of testing using quality testing methods and tools to determine whether the test method is valid for a particular test function. The product quality is determined by the test method.

The efficiency of the testing process is determined by examining the efficiency of the testing and measurement processes and analyzing the measurement systems according to standard methods, including the C_g / $^{C}_{gk}$ method and the GRR method.

Keywords: efficiency of the test method, Cg / C_{gk} method, GRR method

*Academic Assistant, Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, lattakia, Syria

دراسة كفاءة وسائل الاختبار باستخدام طريقة C_g/C_{gk} و طريقة GRR.

انتصار برهوم*

(تاريخ الإيداع 26 / 11 / 2018. قُبِل للنشر في 28/ 5 / 2019)

□ ملخّص □

إن المختبرات القائمة في المؤسسات العلمية والصناعية والبيئية لها أهمية كبرى ، فهي تسعى دائما لإعطاء نتائج صحيحة و دقيقة ،وإلى إثبات مستوى الدقة التي تتميز بها نتائجها، كما أنها تعمل على مراقبة جودة المنتج بحيث تتوافق هذه المنتجات مع المواصفات القياسية الموضوعة ، مما يؤدي إلى تطوير تقنيات الإنتاج والجودة ، فعدم التطبيق الكامل لأنظمة الجودة داخل المختبرات يعد من أهم الأسباب التي تؤدي للحصول على نتائج غير دقيقة.

يقدم هذا البحث دراسة فيما يخص كفاءة وسائل الاختبار باستخدام طرائق و أدوات اختبار الجودة ، بحيث تعطي قراراً فيما إذا كانت وسيلة الاختبار صالحة من أجل وظيفة اختبار معينة ، فجودة المنتج تتحدد بشكل مقرر من خلال وسيلة الاختبار.

ويتم تحديد كفاءة عملية الاختبار من خلال دراسة كفاءة عمليات الاختبار والقياس وتحليل أنظمة القياس وفق طرق معيارية منها طريقة C_g/C_{gk} و طريقة GRR.

الكلمات المفتاحية: كفاءة وسيلة الاختبار، طريقة C_g/C_{gk}، طريقة GRR .

* قائم بالأعمال – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مقدمة :

يتم دعم بناء نظام إدارة وسائل الاختبار كجزء من إدارة الجودة الفعالة [1] من خلال مجموعة قواعد مختلفة، حيث تشكل عائلة المعايير DIN ISO 9000:2000 وتوابعها أساساً مهماً في ذلك [2]، تتضمن إدارة وسائل الاختبار ، جميع النشاطات بالعلاقة مع مراقبة وسائل الاختبار، يتبع لذلك اختيار، مراقبة ، إدارة ، استخدام ، إثبات صلاحية وطبيعة وسيلة الاختبار وكذلك التوثيق التابع لها.

يعبر المصطلح الشائع وسائل الاختبار عن جميع وسائل القياس الموجودة في المشروع ، والتي تستخدم من أجل تحديد تطابق المنتجات مع متطلبات الجودة المحددة [3]، فهو مصطلح عام يشمل جميع أجهزة القياس ، البرمجيات المرنة ، المعايير ، المواد المرجعية أو الوسائل المساعدة أو مزيج من كل ذلك ، والتي تكون ضرورية من أجل تنفيذ عملية القياس لاستبيان قيمة المقادير.

يعتبر الحصول على نتائج دقيقة موثوق فيها هدف اسمى يسعى إلى تحقيقه جميع المهتمين والعاملين بمجال الاختبارات العملية [4] ، مهما كان نوع هذه الاختبارات ، فهناك خطأ شائع لدى العاملين في المختبرات وخارجها هو أن : عدم الحصول على نتائج موثوقة يتعلق بعملية الاختبار نفسها [5]، وهذا في الواقع غير صحيح إذ يجب أن تطبق أنظمة الجودة داخل المختبرات بشكل كامل.

يهدف نظام الجودة في المختبرات إلى تقليل نسبة الخطأ في نتائج الاختبارات ، وهذا النظام هو جزء من نظام ضمان الجودة Quality Assurance System الذي يعمل على تطوير الأنظمة للتأكد من كفاءتها و دقة نتائجها[6].

وسيتم في هذا البحث تقديم تجارب تطبيقية ، يتم من خلالها التعرف على أهداف عملية اختبار كفاءة وسيلة الاختبار، والتعرف على الطرائق ، و الأدوات ، و الأجهزة المستخدمة ، وتسلسل المراحل لعملية إجراء الاختبار، وصولاً إلى القدرة على اتخاذ القرار فيما إذا كانت وسيلة الاختبار المستخدمة صالحة للقيام بالمهام المطلوبة منها أم لا، وهي بذلك شرط هام في أي تقييم للجودة.

أهمية البحث وأهدافه:

إن الهدف الأساسي للبحث هو تطبيق نظام الجودة في المختبر من اجل إدارة و مراقبة وسائل الاختبار، ويتمثل هدف إدارة وسائل الاختبار في ضمان أنه يتم في المشروع استخدام فقط وسائل الاختبار الموَصفة بشكل واضح و المختبرة و الموضوعة تحت التصرف ، والتي يتوفر لها ارتباطا مع المعايير المسموح بها ، كما يجب ضمان توفر قابلة إعادة الحصول على نفس نتائج الاختبار ، وضمان معرفة عدم وثوقية القياس، وتفيد إدارة وسائل الاختبار في مراقبة قابلية الاستخدام الدائمة لهذه الوسائل عبر جميع أطوار حياتها، أما مراقبة وسائل الاختبار فتتم من خلال المعايرة التي تضمن قابلية إعادة استخدام وسيلة الاختبار حسب المعايير العالمية.

إن أهم دعائم ضمان الجودة هندسة قياس الجودة ، والتي يعبر عنها بأنها عمليات تحضير، وتنفيذ ، وتقييم القياسات بواسطة أشخاص مختبرين و وسائل قياس ضمن شروط محيطة تسمح بتحديد المقادير التي تقيم جودة المنتجات ، سواء كانت هذه المنتجات أدوات أو خدمات ، وهذه القياسات و وسائل القياس و أشخاص القياس و الشروط المحيطة يجب أن تتمتع بالكفاءة من حيث الجودة.

تتجلى أهمية هذا البحث في تقديم تجارب تطبيقية ، يتم من خلالها التعرف على أهداف عملية اختبار كفاءة وسيلة الاختبار، والتعرف على الطرائق و الأدوات و الأجهزة المستخدمة ، وتسلسل المراحل لعملية إجراء الاختبار، وصولاً إلى القدرة على اتخاذ القرار فيما إذا كانت وسيلة الاختبار المستخدمة صالحة للقيام بالمهام المطلوبة منها أم لا، وهي بذلك شرط هام في أي تقييم للجودة.

ولقد أجريت هذه التجارب في مخبر القياسات في كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية في جامعة تشرين.

طرائق البحث ومواده:

نستخدم في هذا البحث الطريقة التجريبية وعملية الاختبار بحيث يتم عرض مبسط لأهداف صلاحية عملية الاختبار وطرائق دراسة كفاءة وسائل الاختبار، اما مواد البحث فهو استخدام ، ومن ثم عرض جهاز قياس الأبعاد DIGIMAR CX1 مع شرح مبسط عن الجهاز، وبعد ذلك التنفيذ العملي لطريقة C_g/C_{gk} ، وطريقة **GRR (Repeatability And Reproducibility)** على جهاز قياس الأبعاد، وعرض النتائج ضمن استمارات خاصة، ومناقشة هذه النتائج من خلال التجارب المطبقة، بالإضافة إلى الاعتماد على مراجع علمية متخصصة، وبحوث علمية منشورة في مجلات عالمية في هذا المجال.

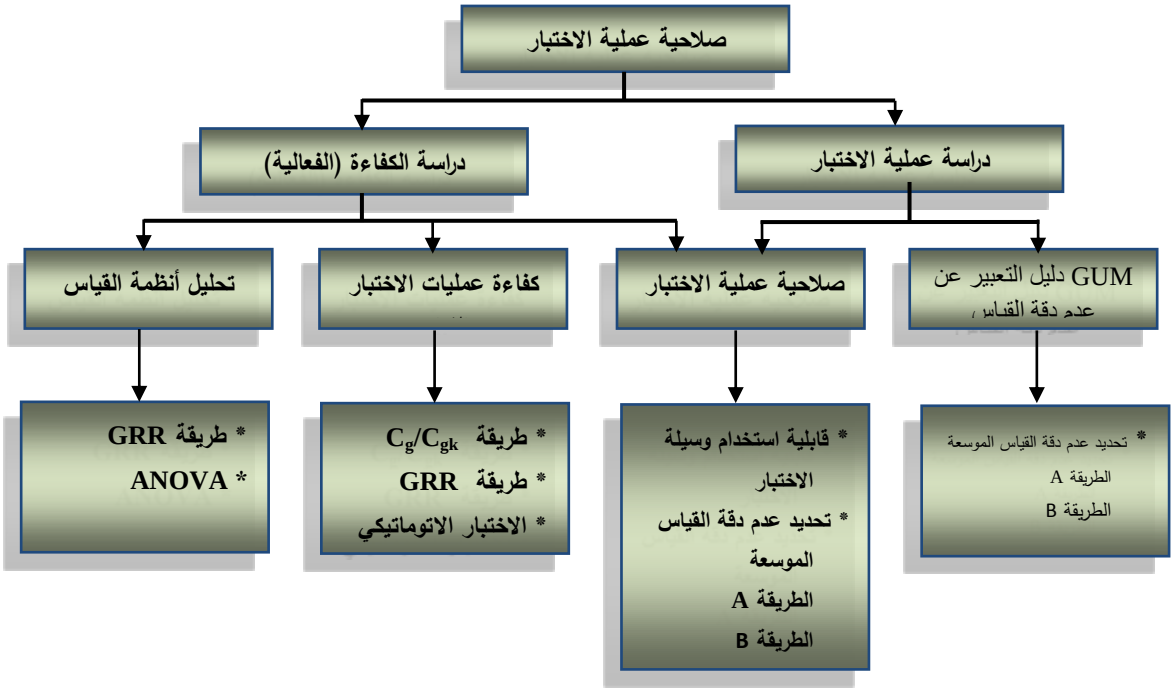
النتائج والمناقشة:

1- أهداف صلاحية عملية الاختبار:

تشتمل جميع أنظمة القياس والاختبار على مقدار معين من عدم الدقة ومن انحرافات القياس ، التي غالباً ما لا يمكن تحديد كميتها تماماً،تظهر نتيجة لذلك عند تحديد نتائج القياس تشتتات عشوائية وانحرافات قياس منتظمة.

تعزى هذه التشتتات والانحرافات إلى عدم تكامل أنظمة الاختبار و القياس ، وإلى طريقة القياس والاختبار نفسها، كذلك إلى تأثيرات البيئة المحيطة ، والأشخاص الذين يقومون بعملية القياس والاختبار.

تتم دراسة انحرافات القياس أو عدم دقة القياس هذه ، من خلال إجراءات وصف صلاحية عملية الاختبار كما يوضح الشكل (1).



الشكل (1): استعراض طرائق وصف صلاحية عملية الاختبار

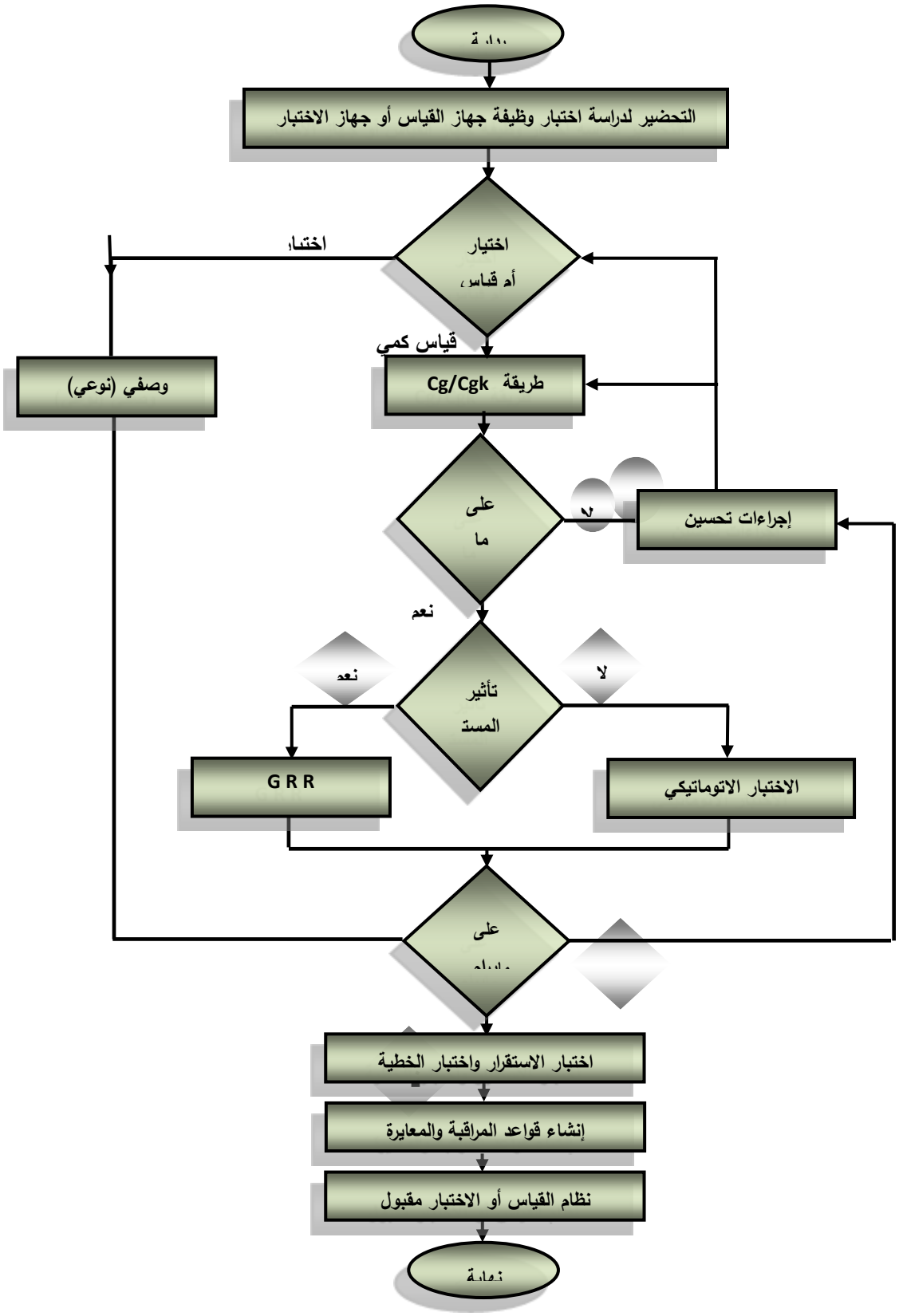
_ من أجل تحديد مقياس لهذا القصور يتم تنفيذ دراسة كفاءة وسائل الاختبار، و ذلك في حالة وسائل الاختبار التي لها تأثير على الحفاظ على المتطلبات المطلوبة من المنتج ، يتم الحديث هنا عن المتطلبات القانونية أو متطلبات الزبائن أو المتطلبات الداخلية الخاصة بالمشروع ، كما أنه يجب مراعاة متطلبات مراقبة وسائل الاختبار وفقاً للمعايير ISO 9000:2000 وتوابعه والمعيار QS-9000.

_ توفر دراسة كفاءة وسيلة الاختبار قراراً فيما إذا كانت وسيلة الاختبار صالحة من أجل وظيفة اختبار معينة ، وهي بذلك شرط هام في أي تقييم للجودة كما يظهر الشكل (2) .

فعند التحضير لدراسة اختبار وظيفة جهاز القياس ، لابد من التمييز بين الاختبار الكمي والاختبار النوعي ، يتم في الاختبار الكمي الحصول على أعداد ، في حين أنه يتم في الاختبار النوعي اتخاذ قرار قد يكون عن طريق التجريب أو غيره.

في حال اختيار الاختبار الكمي نقوم بتنفيذ طريقة C_g/C_{gk} ، وتبعاً لنتائجها إما نقوم بإجراءات للتحسين أو نتابع إما بالاختبار الاتوماتيكي للقياس ، حيث لا يوجد تأثير للمختبر أو المستخدم على أنظمة الاختبار ، لأنها تجري بواسطة آلة اختبار، أو بطريقة GRR حيث يكون للمختبر تأثير ، وبعد معرفة نتائجها نقوم بإجراءات للتحسين من جديد ، أو نتابع باختبار الاستقرار(الذي يعبر عن عرض المدى للقيم المتوسطة لسلاسل القياس لنفس السمة ، مقاسة بواسطة نفس نظام القياس ، و من قبل نفس الشخص المختبر ، ولكن عبر أزمنة متباعدة) ، واختبار الخطية (الذي يعبر عن مقياس لثبات الانحرافات المنتظمة للقياس ضمن مجال القياس).

ثم نقوم بإتباع قواعد المراقبة والمعايرة (أي قابلية إعادة استخدامها حسب المعايير من خلال المقارنة مع معايير هيئات المعايرة المرخصة) ، وبعد ذلك اتخاذ القرار فيما إذا كان نظام القياس أو الاختبار مقبول أم لا أو مقبول ضمن شروط معينة كما يوضح الشكل (2).



(الشكل2: تسلسل دراسة كفاءة وسيلة الاختبار)

2- طرائق دراسة كفاءة وسائل الاختبار:

2-1- طريقة C_g/C_{gk} :

تستخدم هذه الطريقة لإطلاق الحكم فيما إذا كانت وسيلة قياس معينة مناسبة لوظيفة القياس المعطاة أم لا.

إن هذه الطريقة لم تعد موجودة ضمن الاصدار الجديد لما يسمى تحليل أنظمة القياس (MSA) ، ولكنها ماتزال إجراءاً إجبارياً في المعايير الخاصة بالمشاريع .

- يعتبر معامل كفاءة وسيلة الاختبار(C_g) مقياساً لدقة التكرار لوسيلة القياس .
- تتضمن الدراسة القياس المتكرر لمعيار ما (على الأقل من 25.....50 تكرار).
- يجب معايرة نظام القياس قبل إجراء عملية القياس.
- يجب إعادة وضع المعيار أو عنصر القياس المرجعي كل مرّة من جديد عند إجراء القياس التالي ولا يسمح أن يتغير عبر الزمن .
- يجب اعادة وضع العنصر المرجعي كل مرّة بنفس الطريقة من أجل استبعاد أخطاء القياس الناتجة عن تسامحات الشكل كعيوب التدوير مثلاً.
- لا يسمح بضبط نظام القياس أثناء تنفيذ القياسات.

حساب معامل كفاءة وسيلة الاختبار(C_g):

يحسب **معامل كفاءة وسيلة الاختبار(C_g)**: من العلاقة بين التسامح المعطى (T) (أو ستة أضعاف تشتت العملية $6.S_p$) وبين مجال التشتت التخميني لوسيلة الاختبار $\left(6.S_g \text{ أو } \pm 3.S_g\right)$ اي:

$$C_g = \frac{K_g.T}{6.S_g}$$

أو $$C_g = \frac{K_g.6.S_p}{6.S_g}$$

تؤخذ قيم المعامل K_g بين 0.15 و 0.35 تبعاً للمعيار الصناعي المستخدم كما في الجدول **(1)**:

"**الجدول(1): قيم العاملين** K_g،K_{gk} **والقيم الحدية لمعايير صناعية مختلفة**"

القيم الحدية		K_{gk}	K_g	المعيار الصناعي
C_{gk}	C_g			
>1.0	>1.0	0.075	0.15	شركة FORD Eu1880 1997
>1.33	>1.33	0.2	0.2	BMW
>1.33	>1.33	0.1	0.2	Audi Q-DAS Bosch Opel/GM Daimler/Chrysler
حسب مجال التسامح		0.1	0.2	INA
>1.0	>1.0		0.35	Infineon

في الوقت الذي يأخذ المعامل C_g بعين الاعتبار فقط التشتت التجريبي S_g ، فإن المعامل C_{gk} يلحظ أيضاً الانحراف المنتظم للقياس :

$$\Delta \boldsymbol{X} = \overline{\boldsymbol{X}} - \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{m}}$$

حساب معامل كفاءة وسيلة الاختبار ($\mathbf{C_{gk}}$):

يحسب معامل كفاءة وسيلة الاختبار ($\mathbf{C_{gk}}$) من العلاقة بين التسامح المعطى (T) (أو ستة أضعاف تشتت العملية $6.S_g$) مخفضاً بمقدار الانحراف المنتظم للقياس $\Delta \boldsymbol{X}$ وبين مجال التشتت التخميني لوسيلة الاختبار $3.S_g$ أي:

$$\boldsymbol{C_{gk}} = \frac{\mathbf{K_{gk}}.\mathbf{T} - |\overline{\mathbf{X}} - \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{m}}|}{\mathbf{3}.\mathbf{S_g}}$$

أو

$$\boldsymbol{C_{gk}} = \frac{\mathbf{K_{gk}}.\mathbf{6}.\mathbf{S_p} - |\overline{\mathbf{X}} - \overline{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{m}}|}{\mathbf{3}.\mathbf{S_g}}$$

يأخذ العامل $\boldsymbol{gk}$ قيماً تقع بين 0.075 و 0.2 حسب الجدول **(1)**.

يمكن استخدام استمارة خاصة موضحة في الجدول رقم (5) من أجل تحديد وتقييم المعاملين C_g و C_{gk}.

- من أجل تسامحات أقل من $50\mu m$ يصبح الحفاظ على متلطبات C_g و C_{gk} حسب الجدول السابق صعباً ومكلفاً بشكل متزايد كلما صغرت التسامحات.
- في حالة تسامحات أقل من $20\mu m$ يصل المرء إلى الحدود الممكنة تقنياً، في هذه الحالة يسمح بقيم حدية أصغر للعاملين C_g و C_{gk} تبعاً لقيمة التسامح، كما هو مبين في الجدول **(2)** .

الجدول(2): امثلة للقيم الحدية للعاملين C_g و C_{gk} تبعاً لقيمة التسامح (T)

النتيجة	$T \leq 20\mu m$	$20\mu m < T < 50\mu m$	$T \geq 50\mu m$
وسيلة الاختبار قابلة للاستخدام	$C_g > 1.0$ $C_{gk} > 1.0$	$C_g > 1.14$ $C_{gk} > 1.14$	$C_g > 1.33$ $C_{gk} > 1.33$
وسيلة الاختبار قابلة للاستخدام بشكل مشروط	$1.0 \geq C_g \geq 0.80$ $1.0 \geq C_{gk} \geq 0.80$	$1.14 \geq C_g \geq 0.89$ $1.14 \geq C_{gk} \geq 0.89$	$1.33 \geq C_g \geq 1.00$ $1.33 \geq C_{gk} \geq 1.00$
وسيلة الاختبار غير قابلة للاستخدام	$C_g < 0.80$ $C_{gk} < 0.80$	$C_g < 0.89$ $C_{gk} < 0.89$	$C_g < 1.00$ $C_{gk} < 1.00$

_ إن المعاملين C_g و C_{gk} في كل من الجدولين**(1)** و **(2)** لهما نفس القيم الجدولية المأخوذة وفق معايير صناعية لشركات مختلفة موضحة في الجدول (1) ، أما القيم التجريبية للمعاملين C_g و C_{gk} التي يتوجب مقارنتها بالقيم الجدولية تختلف ، فيأخذ المعامل C_g بعين الاعتبار فقط التشتت التجريبي S_g ، و لكن المعامل C_{gk} يلحظ أيضاً الانحراف المنتظم للقياس .

2-2- طريقة GRR :

تستخدم هذه الطريقة لتقييم أنظمة الاختبار وأنظمة القياس ، التي يكون للمستخدم تأثير فيها ، يتم أثناء ذلك تحديد القيم المميزة التالية بشكل منفصل:

- **دقة التكرار لنظام القياس (Equipment Variation/Repeatability) EV:**

وهي انحراف المقدار الذي ينشأ عندما يقوم المختبر بقياس نفس المقدار ، أو نفس السمة ، بوساطة نفس جهاز القياس ، ولكن لعدة مرّات (تكرار).

- **دقة المقارنة (Appraiser Variation/Reproducibility) AV:**

وهي مقياس لتأثير المختبر ، وذلك عندما يتم قياس مقدار ما ، أو سمة ما ، من قبل أكثر من مختبر ، بوساطة نفس نظام القياس ، عدة مرّات (مقارنة).

- **دقة التكرار و دقة المقارنة (Repeatability And Reproducibility) GRR:**

هي التشتت الكلي المقرر للتقييم الكلي لنظام القياس ، و تحسب باستخدام EV و AV.

_ يمكن تحديد هذه القيم المميزة حسب طريقة القيمة المتوسطة_ المدى (ARM)

يحتوي الجدول (3) على القيم المميزة لطريقة القيمة المتوسطة_ المدى :

حيث:

$\bar{\bar{R}}$: متوسط قيم انحراف المدى لمنشأة القياس.

$R_{\bar{x}}$: مدى القيمة المتوسطة للمختبر.

N:عدد الأجزاء المختبرة.

M: عدد مرّات تكرار الاختبار.

الجدول(3) : القيم المميزة لطريقة القيمة المتوسطة–المدى"

الوصف	الحساب	القيمة كنسبة مئوية [%]
دقة التكرار EV	$EV = \bar{\bar{R}}.K_1$	$\frac{EV}{TV}.100$
دقة المقارنة AV	$AV = \sqrt{(R_{\bar{X}}.K_2)^2 - EV^2/(N.M)^2}$	$\frac{AV}{TV}.100$
دقة التكرار ودقة المقارنة	$GRR = R\varphi R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$	$\frac{GRR}{TV}.100$
تشتت الأجزاءPV	$PV = R_p.K_3$	$\frac{PV}{TV}.100$
التشتت الكلي	$TV = \sqrt{(R\varphi R)^2 + PV^2}$	

بعد تنفيذ القياسات يجب حساب المدى $(R_{i,j})$ لكل جزء (i) ولكل مختبر $j = A, B, C$ ، ويتم تحميل هذه القيم في استمارة خاصة موضحة في الجدول (6).

يتم حساب القيمة المتوسطة للمختبر $\bar{X}_j$ ، والقيمة المتوسطة للمدى $\bar{R}_j$ ، من خلال القيم الإفرادية $X_{i,j}$ والمدى $R_{i,j}$ وفقاً للعلاقات التالية:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_{i,j}$$

$$\bar{R}_j = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} R_{i,j}\ \mathrm{R_x}$$

حيث: j=A,B,C

إضافة إلى ذلك يحسب المدى $R_{\bar{x}}$ من خلال القيم المتوسطة للمختبرين $\bar{X}_j$ ، ثم يتم حساب متوسط قيم المدى$\bar{\bar{R}}$ لجميع المدى وذلك من خلال القيم الإرادية للقيمة المتوسطة للمدى ، كذلك يحسب لكل جزء قيمته المتوسطة $\bar{X}_i$ من خلال جميع القياسات البالغ عددها M ولجميع المختبرين P ، وكذلك يحسب المدى $\mathrm{R_p}$ للقيم المتوسطة:

$$R_p = \frac{1}{M.P}\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{P} X_{m.j}$$

تنسب في الحالة العامة القيم المئوية التي تشتت الكلي TV، تستخدم بعض الشركات عرض التسامح T كمقدار مرجعي في الحسابات.

المعاملات K_1, K_2, K_3 الواردة في الجدول (3) والواردة في الاستمارة (6) ، وحسب المراجع الصادرة حتى الإصدار الثاني من MSA تتعلق بعدد مرات التكرار وبعدد الأجزاء المختبرة وبعدد المختبرين ، وهي كالتالي $K_1=0.8775$ ، $K_2=0.523$ ، $K_3=0.3145$.

يتم التقييم وفقا للمجالات المعطاة في الجدول (4):

" **الجدول (4) :مجالات التقييم لدقة التكرار ودقة المقارنة** "

المجال GRR %	الحالة
$0 \rightarrow 10\%$	نظام القياس في حالة جيدة (على ما يرام).
$11 \rightarrow 30\%$	يمكن قبول نظام القياس مع مراعاة وظيفة القياس.
أكبر من 30%	لا يسمح باستخدام جهاز القياس.

نعرف هنا معاملاً جديداً نسميه "معامل عدد الزمر"(ndc) ، وهو يصف عدد الزمر التي يمكن تمييزها عند استخدام وسيلة القياس ضمن مجال التشتت لعملية التصنيع.

يتم حساب هذا المعامل من العلاقة التالية:

$$ndc = 1{,}41.\ (PV/GRR)$$

يتم تدوير القيمة الناتجة إلى أقرب قيمة صحيحة.

يجب أن يتحقق الشرط $ndc \geq 5$ ، وإلا ستكون دقة التكرار و دقة المقارنة GRR كبيرة جداً بالنسبة لتشتت الأجزاء، وهذا يسبب مثلاً مشاكل عند استخدام بطاقات تنظيم الجودة أو عند التصنيف (إيجاد الزمر) ضمن مجال التسامح.

3- جهاز قياس الأبعاد(DIGIMAR CX1):

هو عبارة عن جهاز اختبار ميكانيكي ، يستعمل هذا الجهاز لقياس الأبعاد و السماكات المختلفة كالأقطار الداخلية والأقطار الخارجية ، والقطع الإنتاجية المعقدة.

يتم القياس انطلاقاً من نقطة مرجعية غالباً ما تكون نقطة تماس القطعة المراد قياسها مع السطح الموضوعة عليه.

أجزاء الجهاز :

يتألف الجهاز من :

- **عمود القياس** ، يوجد على جانبه الأيمن مجرى تتحرك فيه منزلقة ، تحمل في أسفلها الحساس الذي يمثل الأساس في قياس جميع الأبعاد المطلوبة ، وهو الذي يحدد الارتفاع من خلال ملامسته قطعة العمل ، وعندما يلامس الحساس سطح القطعة المراد قياسه يصدر صوتاً كدليل على إتمام القياس.
- **لوحة المفاتيح** ، تحوي عدة مفاتيح ، وكل مفتاح يؤدي مهمة خاصة به يشار إليها برمز توضيحي على المفتاح نفسه ، القسم العلوي من اللوحة يحتوي مفاتيح ، تستخدم من أجل تحديد نوعية القياس المأخوذة ، أما القسم السفلي من اللوحة تستخدم مفاتيحه من أجل إدخال برامج معينة ، حيث توجد مجموعة من الأحرف على هذه المفاتيح كما لو كانت لوحة مفاتيح للكمبيوتر وذلك من أجل كتابة برنامج العمل .
- **شاشة** تظهر عليها نتائج القياس .

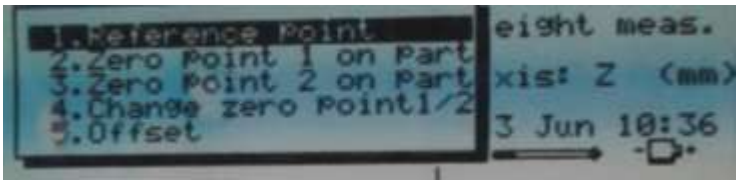
بالإضافة إلى وجود **طابعة** موصولة بالجهاز كما يوضح الشكل **(3)** .

الشكل (3) : جهاز قياس الأبعاد

4- التطبيق العملي للتجارب:

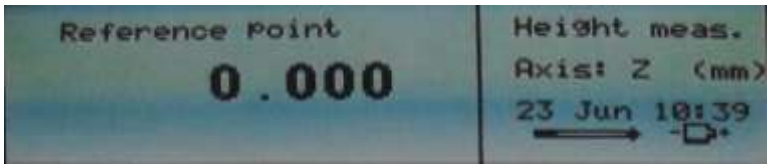
4-1- التنفيذ العملي لتجربة C_g/C_{gk}:

1. تبدأ التجربة بتشغيل الجهاز بواسطة المفتاح .
2. يجب معايرة جهاز القياس قبل البدء بإجراء عملية القياس وذلك بأخذ نقطة مرجعية ، يتم ذلك بالضغط على المفتاح حيث تظهر على الشاشة عدة خيارات كما يبين الشكل (4) التالي:



الشكل (4): شاشة تبين إظهار النقطة المرجعية

نختار منها أمرالنقطة المرجعية Referennce Point ، وذلك عن طريق الانتقال بواسطة الأسهم ثم نضغط على مفتاح ، عند ذلك يتحرك الحساس إلى الأسفل حتى يحصل تلامس بين الحساس وسطح الرخام الذي يعتبر النقطة المرجعية المأخوذة ويظهر على الشاشة كما في الشكل(5):



الشكل (5) : شاشة تبين اختيار النقطة المرجعية

3- نرفع الحساس إلى الأعلى يدوياً لمسافة معينة.

4- نضع الصامولة التي تمثل عنصر القياس على سطح الرخام الموجود عليه الجهاز وتحت الحساس.

5- نضغط المفتاح فيتحرك الحساس إلى الاسفل تلقائياً حتى يلامس سطح الصامولة ، مع ملاحظة أن سماع صوت الجهاز يعني حصول التلامس ، وبالتالي ينتج قطر الصامولة (D) على شاشة الجهاز وهو(45.001(mm.

6- نرفع الحساس يدوياً من جديد ، ونعمل على تحريك الصامولة أي إعادة توضيعها من جديد تحت الحساس مع المحافظة على نفس السطح الخارجي للصامولة، ثم نضغط المفتاح ليتحرك الحساس إلى الأسفل ويلامس سطح الصامولة، عند ذلك نأخذ القراءة الثانية عن شاشة الجهاز وهو(44.999(mm، ونقوم بتكرار عملية القياس هذه على الأقل من (25-50)، مع ملاحظة أنه لا يسمح بضبط نظام القياس أثناء تنفيذ القياس، في تجربتنا هذه قمنا بتكرار العملية 50 مرة وأخذنا 50 قيمة لقطر الصامولة (D) ، وكانت النتائج كما في الاستمارة في الجدول (**5**).

"الجدول(5): يبين الاستمارة الخاصة بتحميل نتائج القياس للطريقة C_g/C_{gk}"

اختبار كفاءة وسائل الاختبار		طريقة C_g/C_{gk}
المعيار	وسيلة الاختبار	السمة
الوصف:	الوصف:جهاز قياس الأبعاد	موضوع القياس: قطر الصامولة (D)
رقم المعيار:	الصانع: DIGIMAR CX1	الوصف: طول
القيمة المرجعية: X_m=45.00(mm)	رقم وسيلة الاختبار:	رقم السمة:
درجة الحرارة:23C̊	درجة تمييز القياس:0.001(mm)	القيمة الاسمية: 45(mm)
		التسامح: $T = 0.06(mm)$

طريقة القياس: طريقة قياس بعد خارجي

جدول القيم

القيمة(mm)									
45.001	45.002	45.003	45.000	45.003	45.001	45.001	45.002	45.001	45.001
44.999	45.002	45.000	45.002	44.999	45.002	44.998	44.999	44.999	45.002
45.000	45.003	45.003	45.001	45.001	45.003	45.001	45.002	45.003	45.003
45.002	45.003	45.002	45.003	45.002	45.003	45.002	45.000	45.002	45.002
45.002	45.001	45.001	45.002	45.001	45.002	45.003	45.001	44.998	45.001

القيمة المرجعية:	القيمة المتوسطة:	الانحراف المعياري:
$X_m = 045.001(mm)$	$\bar{X} = 45.0014(mm)$	$S_g = 0.00135(mm)$

درجة تمييز القياس لوسيلة الاختبار

لا	☒ نعم	درجة التمييز ≥5% من T

معامل الكفاءة:

$$C_g = \frac{K_g.T}{6.S_g} = \frac{0,2.0,06}{6.0,00135} = 1,48$$

$$C_{gk} = \frac{K_{gk}.T - |\bar{X} - \bar{X}_m|}{3.S_g} = \frac{0,1.0,06 - |45,0014 - 45,001|}{3.0,00135} = 1,38$$

التقييم:

لا	نعم	هل يتحقق $C_g \geq 1.33$ و $C_{gk} \geq 1.33$

ملاحظة: وسيلة الاختبار كفوءة ومناسبة لوظيفة القياس المسندة إليها.

التوقيع:	القسم:	التاريخ:

4-2-النتائج العملية لتجربة C_g/C_{gk}:

من خلال تطبيق تجربة C_g/C_{gk} على جهاز قياس الأبعاد في مخبر القياسات الميكانيكية و الكهربائية ، وباعتبار أن درجة حرارة المخبر هي23Ċ ، وذلك عند استخدام صامولة مسدسية الشكل كأداة قياس معيارية ، وإجراء القياس على قطر الصامولة D .

حيث :

- القيمة الاسمية :(mm) 45
- التسامح : T= 0.06(mm)
- القيمة المرجعية :$x_{m=}45.001(mm)$
- درجة تمييز القياس :0,001(mm)

ينتج معامل كفاءة وسيلة الاختبار $C_g = 1.48$

وهو أكبر من 1,33 والتي تعتبر القيمة الحدية حسب المعيار الصناعي المطبق في تجربتنا وهو **(Daimler/Chrysler ,Opel/GM ,Q-DAS ,Audi)** حسب الجدول (1) وتبعاً لقيمة التسامح حسب الجدول(2).

معامل كفاءة وسيلة الاختبار $C_{gk} = 1,38$

وهو كذلك أكبر من 1,33 والتي تعتبر القيمة الحدية حسب المعيار الصناعي المطبق في تجربتنا وهو (Daimler/Chrysler ,Opel/GM ,Bosch ,Audi) حسب الجدول (1) ، وتبعا لقيمة التسامح حسب الجدول (2).

وبالتالي يمكن الحكم على جهاز القياس أو وسيلة القياس بأنها كفوءة و مناسبة لوظيفة القياس المسندة إليها استناداً إلى الجدول (2) .

4-3- التنفيذ العملي لتجربة GRR:

- تختلف هذه الطريقة عن الطريقة السابقة C_g/C_{gk} بسبب تأثير المستخدم على عملية القياس .
- تجرى هذه التجربة بعد إجراء تجربة C_g/C_{gk} ، والتحقق من أن $C_g \geq 1.33$ و $C_{gk} \geq 1.33$.
- يتم إجراء تجربة GRR بنفس الخطوات السابقة لتجربة C_g/C_{gk} ، إلا أنه بهذه الطريقة يتم الاختبار من قبل ثلاث مختبرين على الأقل (p=3) ، ويتم اختبار عينة تضم على الأقل 10 أجزاء (N=10) ، ويعاد القياس مرتين على الأقل(M=2) ، أي أن كل شخص يقوم باختبار عشرة أجزاء لمرتين متتاليتين .
- ويمكن استخدام الاستمارة المبينة في الجدول (6) ، وذلك من أجل ترتيب الحسابات والتقييم .

" **الجدول(6) : يبين الاستمارة الخاصة بتحميل القياس للطريقة GRR** "

اختبار كفاءة وسائل الاختبار		**طريقة** GRR
المعيار	**وسيلة الاختبار**	**السمة**
الوصف:	**الوصف:جهاز قياس الأبعاد**	**موضوع القياس: قطر الصامولة (D)**
رقم المعيار:	**الصانع: DIGIMAR CX1**	**الوصف: طول**
القيمة المرجعية: X_m=45.00(mm)	**رقم وسيلة الاختبار:**	**رقم السمة:**
درجة الحرارة: 23C̊	**درجة تمييز القياس: 0.001(mm)**	**القيمة الاسمية: 45(mm)**
		التسامح: $T = 0.06(mm)$
النتيجة من الطريقة $C_g \mid C_{gk}$: C_g=1.48 و C_{gk}=1.38		**طريقة القياس: طريقة قياس بعد خارجي**

جدول القيم

	المختبرA			**المختبرB**			**المختبرC**			
رقم القطعة	**السلسلة1**	**السلسلة2**	$R_{i,A}$	**السلسلة 1**	**السلسلة2**	$R_{i,B}$	**السلسلة1**	**السلسلة2**	R_{ic}	$\bar{X}_i$
1	**45.013**	**45.015**	**0.002**	**45.019**	**45.016**	**0.003**	**45.013**	**45.015**	**0.001**	**45.015**
2	**45.009**	**45.011**	**0.002**	**45.017**	**45.015**	**0.002**	**45.017**	**45.017**	**0.000**	**45.014**
3	**45.010**	**45.010**	**0.000**	**45.005**	**45.006**	**0.001**	**45.003**	**45.002**	**0.001**	**45.006**
4	**45.020**	**45.017**	**0.003**	**45.018**	**45.020**	**0.002**	**45.014**	**45.014**	**0.000**	**45.017**
5	**44.994**	**44.999**	**0.002**	**44.999**	**45.000**	**0.001**	**45.002**	**45.004**	**0.002**	**45.000**
6	**45.005**	**45.006**	**0.001**	**45.002**	**45.002**	**0.000**	**45.003**	**45.001**	**0.002**	**45.003**
7	**45.008**	**45.009**	**0.001**	**45.005**	**45.007**	**0.002**	**45.002**	**45.003**	**0.001**	**45.005**
8	**45.016**	**45.015**	**0.001**	**45.014**	**45.015**	**0.001**	**45.013**	**45.011**	**0.002**	**45.014**
9	**44.992**	**44.996**	**0.004**	**44.998**	**44.995**	**0.003**	**44.999**	**44.997**	**0.002**	**44.996**
10	**45.003**	**45.001**	**0.002**	**45.007**	**45.011**	**0.004**	**45.008**	**45.011**	**0.003**	**45.006**
	$\bar{X}_A = 45.0076$		$\bar{R}_A = 0.0018$	$\bar{X}_B = 45.0085$		$\bar{R}_B = 0.0019$	$\bar{X}_v = 45.007$		$\bar{R}_c = 0.0014$	$R_p = 0.021$

التقييم

متوسط قيم انحراف المدى لمنشأة القياس	$\bar{\bar{R}} = \frac{\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_c}{3} =$	0.0017(mm)
مدى القيمة المتوسطة للمختبر حيث: J=A,B,C	$R_{\bar{x}} = (MAX(\bar{x}_j) - MIN(\bar{x}_j)) =$	0.00125(mm)
دقة التكرار	$EV = \bar{\bar{R}}.K_1 =$	0.00149(mm)
دقة المقارنة	$AV = \sqrt{(R_{\bar{X}}.K_2)^2 - EV^2/(N.M)} =$	0.0056(mm)
دقة التكرار ودقة المقارنة	$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} =$	0.00159(mm)
تشتت الأجزاء	$PV = R_p.K_3 =$	0.0066(mm)
معامل عدد الزمر القابلة للتمييز ndc ≥ 5	$ndc = 1.41.(PV/GRR) =$	6
GRR%	$\%GRR = 6.100\%.(GRR / T) =$	15.9%
%GRR ≤ 10%	10% ≤ %GRR ≤ 30%	%GRR>30%

ملاحظة: يمكن قبول وسيلة الاختبار المستخدمة ولكن مع مراعاة وظيفة القياس.

التاريخ:	القسم:	التوقيع:

4-4-النتائج العملية لتجربة GRR :

عند إجراء تجربة GRR على جهاز قياس الأبعاد في مخبر القياسات الميكانيكية والكهربائية ، وباعتبار أن درجة حرارة المخبر هي 23Ċ، وذلك عند استخدام صامولة مسدسية الشكل كأداة قياس معيارية ، وإجراء القياس على قطر الصامولة D .

حيث :

- القيمة الاسمية : 45(mm)
- التسامح : $T = 0.06$(mm)
- القيمة المرجعية : $X_m = 45.001$(mm)
- درجة تمييز القياس :0,001(mm)

ونتيجة تجربة C_g/C_{gk} تبين أن : $C_g = 1.48 > 1.33$

$C_{gk} = 1.38 > 1.33$

وعند إجراء الاختبار من قبل ثلاث مختبرين A وB و C ، أي: (P=3) على عينة تضم على الأقل 10 أجزاء (N=10) ، وإعادة القياس لمرتين متتاليتين على الأقل (M=2) تبين أن :

النسبة المئوية لدقة التكرار و دقة المقارنة $\%GRR = 15.9\%$

واستناداً إلى الجدول (4) نجد أن : $\%GRR = 15.9\%$ تقع في المجال $30\% \rightarrow 11$ ، أي أنه يمكن قبول نظام القياس المستخدم أو وسيلة القياس ولكن مع مراعاة وظيفة القياس المسندة إليها .

الاستنتاجات والتوصيات :

إن دراسة كفاءة وسائل الاختبار التي أجريت على جهاز قياس الأبعاد ، وضمن الشروط المأخوذة بعين الاعتبار في هذا البحث ، تشير إلى أنه يمكن استخدام هذا الجهاز من أجل عمليات القياس ، فجهاز القياس كفؤ بشكل شرطي ، أي مع مراعاة وظيفة القياس المسندة إليه .

بغض النظر عن نتيجة التجارب وعن الشروط المأخوذة بعين الاعتبار، فإنه يمكن اعتبار هذه الدراسة كدليل أو مساعد ليكون وسيلة متوفرة للطلاب و لمن يريد القيام بهذا النوع من التجارب .

أيضاً لابد من التنويه إلى كيفية التصرف في حال تم اكتشاف أن وسيلة الاختبار محتوية على أخطاء ، حيث أنه لابد من ضمان عدم متابعة استخدام هذه الوسائل ، ويجب إعادة تقييم اختبارات الجودة التي أجريت بواسطة وسيلة الاختبار المحتوية على أخطاء ، ويتم تقسيم الإجراءات اللاحقة لوسائل الاختبار المحتوية على أخطاء إلى:

- تحديد تنسيق وسيلة الاختبار أو متابعة استخدامها .
- الإصلاح و المعايرة .
- التخلص منها باعتبارها نفايات .

المراجع:

[1]- JUHANI UKKO, JARKKO TENHUNEN**,** *The impacts of performance measurement on the quality of working life* International Journal of Business Performance Management , Lappeenranta University of Technology V10 pp:86-98 · January 2008 .

[2]- International Organization for Standardization, ISO/TS 16949: *Quality management systems particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations* (ISO, 2009 .

[3]- YAN-JU Yu, YUAN ZH)U, TAI-CHNG GONG, and WEI-TING- *G.R.R. Evaluation and Application in IC Manufacturing, Chiena International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing,* Vol. 4, No. 4, November 2016

[4]- PAUL D. RONNEY- *Integrating science. Technology and common science* - Department of Aerospace and Mechanical Engineering-University of Southern California, 400p - 2018

[5]- GERHARD LINB -*Training Qualitäts management* :, Leipzig , Germany 400p **,** 200*4*

[6]- KISHU MANGHANI -*Quality assurance: Importance of systems and* ***standard*** *operating procedures***,** Mumbai, Maharashtra**,** India **-V (**2) - pp 34–37 - 2011