

(الاختبارات اللا اتلافية)

الاختبارات بالترددات فوق الصوتية:

استخدمت الترددات فوق الصوتية لكشف عيوب المعادن الداخلية منذ عام 1928، ويمتاز أسلوب الكشف بهذه الطريقة بخصائص كثيرة منها الحساسية العالية للموجات فوق الصوتية التي تمكن من كشف العيوب كشفاً سريعاً وتحديد أبعادها ومكان وجودها في المعدن وفي الوصلات ومنها قدرة هذه الموجات الكبيرة على النفاذ في المعدن إضافة إلى انخفاض نفقة الرقابة في هذا الاختبار.

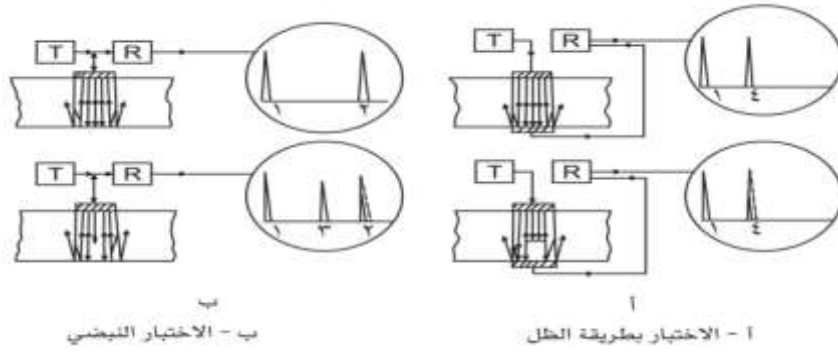
خواص الفحص بالترددات فوق الصوتية:

يتجاوز تردد الموجات فوق الصوتية 20000 هرتز ولا تستطيع أذن الإنسان الإحساس بها، وهي تنتشر في المواد المتجانسة في خطوط مستقيمة نسبياً، وتنعكس عند حدود الفصل بين مادتين مختلفتين أو عند مصادفة بنيات غير متجانسة في المادة.

ويتم بث الموجات فوق الصوتية، وتسجيلها بأجهزة تحويل كهربائية صوتية . وأساس هذه الأجهزة مادة خزفية ذات مواصفات خاصة تتمتع بظاهرة الضغط الإجهادي التي تتلخص في أن الصفيحة المصنوعة من تيتانات الباريوم أو زركونات وتيتانات الرصاص تبدأ بالاهتزاز الميكانيكي تحت تأثير الجهد الكهربائي المتناوب الموصول بها، وتبث حزمة من الذبذبات بثاً عمودياً على سطح الصفيحة . ومن جهة أخرى تنشأ على السطوح المتقابلة للصفيحة الكهربائية، تحت تأثير التشوه الميكانيكي، شحنات كهربائية على شكل تيار كهربائي متناوب، ينتقل إلى أجهزة التسجيل، وعلى هذا المنوال فإن الصفيحة الكهربائية تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (بشكل ترددات فوق صوتية) وبالعكس، وتتوغل هذه الترددات في داخل المعدن المراد فحصه شريطة أن يزال الهواء بين سطحي تماس جهاز البث والقطعة المختبرة، ويوفر التماس الصوتي بينهما بتغطية سطح القطعة بطبقة من الزيت المعدني أو الغليسرين الصناعي.

اختبار المواد بالصدى النبضي وبطريقة الظل:

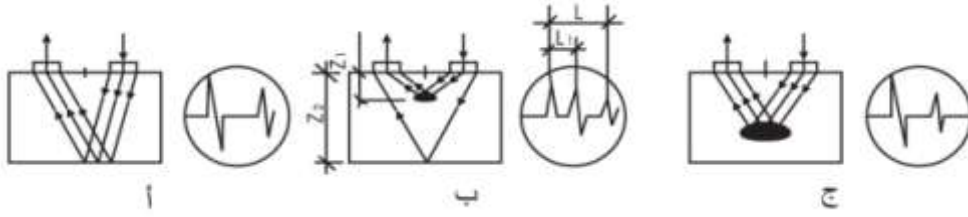
يتم فحص المواد بالترددات فوق الصوتية غالباً بطريقة الصدى النبضي، ونادراً ما تستخدم طريقة الظل. ففي الطريقة الأولى يتحدد العيب في القطعة المعدنية الخاضعة للفحص، بالشعاع المنعكس عن ذلك العيب ويتم تمييزه على شاشة الجهاز الكاشف. أما في الطريقة الثانية، فيدل نقصان سعة الإشارة فوق الصوتية على العيب ومكانه.



(الشكل 3): مخططات الاختبار بالصدى النبضي وبطريقة الظل

وتتحدد طريقة الاختبار بالصدى النبضي (الشكل 3) في تعريض القطعة المختبرة لنبضات فوق صوتية قصيرة (1) من جهاز البث (T) ثم تسجيل إشارات الصدى (2) المنعكسة عن العيب عند المستقبل (R)، ويدل على وجود العيب ظهور النبضة (3) على شاشة الكاشف.

وعند تبني طريقة الظل يكون دليل وجود العيب هو نقصان سعة الإشارة (4) المارة من جهاز البث إلى المستقبل، وتمكن هذه الطريقة من استخدام البث المتواصل لا البث النبضي، ويبين الشكل 4 مخططات النبضات على الأنبوب المهبطي، وتبدو على شاشة الجهاز من يسار الشكل إشارة السبر أو النبضة عند مخرج جهاز البث، ومن يمين الشكل وإلى طرف خط المسح النبضة المنعكسة عن الجدار المقابل للقطعة.



أ- نبضة سابرة وقعرية
ب، ج - نبضتان سابرتان منعكستان عن العيب

(الشكل 4) مخطط النبضات في الأنبوب الإلكتروني

وفي حال وجود عيب في القطعة فإن إشارة الصدى المنعكسة عنه تقع في المجال الكائن بين الإشارة السابرة والإشارة المنعكسة، وعندئذ يكون وضع إشارة الصدى على الشاشة موافقاً لعمق موقع العيب في المعدن وذلك وفق النسبة التالية:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

على أساس

t_1 - الزمن اللازم بين الإشارة السابرة والمنعكسة عن العيب.

t - الزمن اللازم بين الإشارة السابرة والمنعكسة.

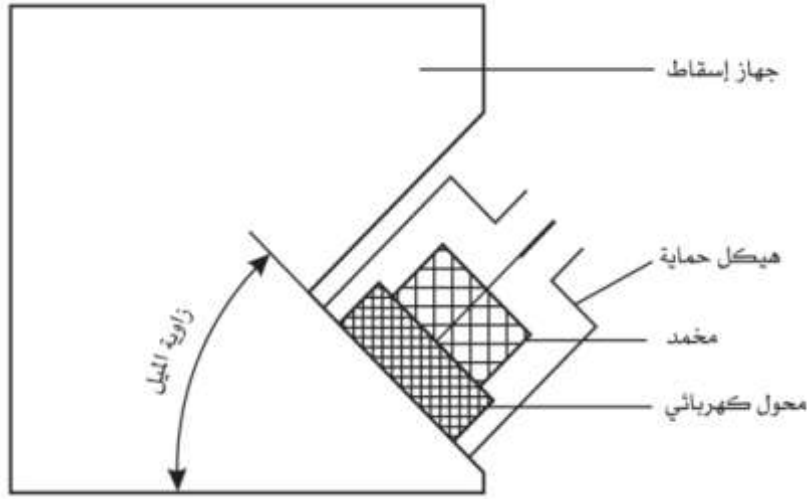
Z_1 - مسافة العيب عن سطح المعدن.

Z_2 - سماكة المعدن من السطح إلى القعر.

ومع ازدياد أبعاد العيب تزداد إشارة الصدى المنعكسة عنه، وتتناقص سعة الإشارة المنعكسة عن الجدار المقابل، ويمكن أن تختفي تماماً إذا كان للعيب مسافة عاكسة كبيرة .

وإضافة إلى الأنبوب المهبطي، فإن أجهزة الكشف الحديثة تزود بتقنيات تنبيه آلي ذات مؤشر ضوئي أو صوتي تنبيه إلى العيب، كما ظهرت مؤخراً أجهزة كاشفة مجهزة بحواسيب رقمية.

أجهزة الاختبار بالترددات فوق الصوتية:



(الشكل 5- حساس مائل

1- محول كهربائي 2- مخمد

3- هيكل حماية 4- جهاز إسقاط: B زاوية ميل

تستخدم في اختبار المواد أجهزة نبضية لكشف عيوب المعادن تتألف من نماذج معيارية وتجهيزات مساعدة . ويزود جهاز الاختبار بالترددات فوق الصوتية بطائفة من الحساسات sensors المائلة تكون فيها الصفيحة الكهربائية مائلة عن مستوى القطعة المراد فحصها (الشكل 5).

وإضافة إلى الحساسات المائلة توجد حساسات مستقيمة وحساسات منفصلة، وتعمل الحساسات المستقيمة والمائلة على النحو الآتي:

توصل الصفيحة الكهربائية بمولد الترددات الكهربائية وتوصل الصفيحة الأخرى بالمستقبل، ويتم تحريك الحساس، مهما كان تصميمه، بمحاذاة سطح القطعة على طبقة من سائل التماس، وقد يكون التماس مباشراً عندما تكون سماكة طبقة التماس أقل من طول الموجة، أو من بعد عندما تكون سماكة طبقة التماس 1 - 3 مم، أو بالغمر عندما تكون طبقة التماس كبيرة (الاختبار في الماء).

ويتعلق اختيار طبقة سائل التماس بخشونة سطح التماس للقطعة المراد فحصها، وبلدونة مادة الوقاية.

وتعد قيمة تردد الذبذبات فوق الصوتية، وكذلك زاوية ميل المحور البصري، وزاوية الموشور، وغيرها من محددات (بارامترات) الحساس. وكذلك تتعلق نتائج الفحص بقدرة الكاشف على تحليل مكان توضع العيب إذ كلما كانت أبعاد العيب (فجوة، أو تشقق) قليلة كانت قدرة التحليل لدى الكاشف أعلى وبالعكس. وتحدد سماكة الطبقة السطحية للقطعة المنطقة الميتة التي لا يكتشف العيب فيها، وتوجد المنطقة الميتة فقط عند الفحص بالصدى النبضي، وهذه إحدى نقائص هذه الطريقة، وتتحدد قدرة التحليل بأقل مسافة بين عيينين متجاورين يظهران منفصلين، ويمكن بواسطة الفحص بالصدى قياس المسافة التي يبعدها العيب عن السطح وكذلك ارتفاعه، ويمكن الكشف عن عيينين متراكبين جزئياً.

وباستخدام كاشف لا يتجاوز وزنه 3 كغ فحص ألواح من **الفولاذ** والألمنيوم والتيتانيوم وغيرها تراوح سماكتها بين 6 و 50 مم.

الأسس التقنية للفحص بالصدى النبضي:

تحضر القطع للفحص على نحو يكون معه السطح الذي سيتحرك عليه الحساس خالياً من الحفر والتعاريح كما يجب أن ينظف السطح من آثار شظايا المعدن والصدأ وتفرغ الخزانات والأنابيب من السوائل قبل فحصها، ويتم اختيار زاوية إدخال الشعاع وحدود حركة الحساس، لكي يمكن تعريض مساحة القطعة كلها للأشعة المباشرة والمنعكسة، وتحدد مدة المسح لدى

الجهاز الكاشف، لكي يطابق القسم الأكبر من المسح مسار النبضة فوق الصوتية في المعدن المراد فحصه.

قبل الشروع في اختبار القطعة بالصدى النبضي، يجب التحقق، بموجب النماذج القياسية، من المحددات (البارامترات) الآتية:

تردد الذبذبات فوق الصوتية والحساسية الحدية وزاوية إدخال الشعاع فوق الصوتي في المعدن وخطأ قياس العمق والمنطقة الميتة وقدرة التحليل باتجاه التعرض للأشعة ومدة النبضة السابرة والبعد الأدنى للعيب الذي يجري إظهاره بسرعة الفحص المعتمدة .

وأهم نتائج البحوث في مجال الاختبارات غير المخربة (1995-1996) تطوير المجهر الصوتي القادر على اختبار الأجزاء المعدنية المعرضة للإشعاع في المحطات النووية سواء في تقدير أمان التجهيزات أو مدة العمل المتبقية لهذه العناصر تقديراً عالي الدقة، ويشمل ذلك مراقبة تجاوبف التقلصات والتحري عن العيوب الحجمية الموجودة على أعماق قليلة من السطوح الداخلية، وكذلك التشققات المجهرية التي لا تزيد على الميكرومتر وتحليل الإشارات الصادرة.

ويتألف المجهر الصوتي من جزئين رئيسيين:

جزء فاحص يعمل في المناطق الحساسة التي تكون معرضة للإشعاع في المحطات النووية، وجزء يكون في غرفة المراقبة ويستقبل الإشارات الصادرة عن الجزء الفاحص .

ويعمل المجهر الصوتي بتردد يراوح بين 15 و 20 غيغاهرتز. وسيعمل التصميم النهائي له بتعدد يراوح بين 0.5 و 1 غيغاهرتز وهذا يعبر عن دقة عظيمة في القياس لكشف أي تشققات لا تزيد على الميكرومتر .

الاختبار بأشعة رونتجن وأشعة غاما:

يعتمد في كشف العيوب الداخلية في المعادن وفي الوصلات اللحامية على خاصة أشعة رونتجن (أشعة X) وأشعة غاما وقدرتها العالية على النفوذ في مختلف الأجسام الصلبة والمعدنية. وتنقص شدة الأشعة عادة عند مرورها في المادة، إذ يضعف الإشعاع بحسب قانون معين تبعاً للتركيب الكيميائي للمعدن المفحوص وسماكته وطاقة الإشعاع . ويجري تسجيل الشدة المتغيرة للإشعاع المار في الجسم المفحوص، من السطح المقابل للسطح المفحوص بواسطة صفيحة تصوير إشعاعي كاشف، أو بواسطة منظومة بصرية إلكترونية أو بعداد إلكترونات. ويضعف الإشعاع عند مروره في المعدن الحاوي على عيوب جيب غازي أو مادة خبيثة أو شقوق أو غيرها . لكنه أقل مما في المعدن المصمت . وعند تسجيل العيب بواسطة صفيحة التصوير الإشعاعي فإن الإشعاع يترك على مادة الصفيحة تأثيراً كيميائياً يظهر اسوداداً في الصفيحة يدل على أماكن وجود العيوب، وتتصف هذه الأماكن بأكبر شدة للإشعاع، وتظهر العيوب على هيئة بقع وخطوط سوداء على الخلفية الفاتحة للقطعة المعدنية .

الأجهزة المستعملة: تنتج الصناعة أجهزة رونتجن على هيئة نظم متكاملة مدمجة مؤلفة من أنبوب رونتجن مع محول التوتر العالي أو أنبوب رونتجن منفصلة توصل كاملة بمنبع تغذيتها وهي نوعان : متقل «لورث» أو ثابت للمخابر، وأكثرها يعمل بتوتر 120 ك.ف، وبأقصى تيار للمصدر anode (5-10 أمبير)، تستعمل أجهزة رونتجن النبضية بصورة رئيسة في الأعمال الإنشائية.

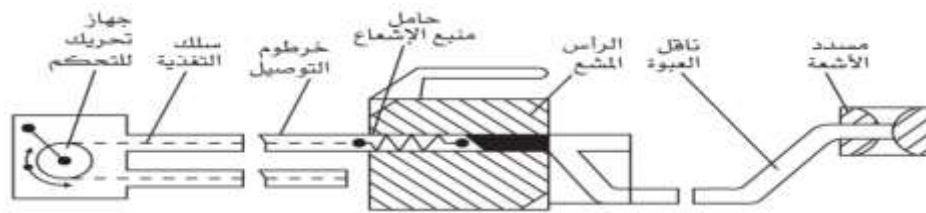
أما أجهزة غاما فتتألف من رأس فاحص، يحتوي على نظير مشع، ويضم أيضاً جهاز تحريك المنبع، وناقل العبوة ولوحة تحكم، ويعد السيزيوم 137 والكوبلت 60 والإيريديوم 192 والتوليوم 170 المنابع الأساسية لإشعاعات غاما، وهي خطيرة جداً على الإنسان . ويبين الشكل 6 مخططاً لجهاز أشعة غاما.

ويمكن حمل أجهزة غاما أو نقلها على عجلات، ويوصل المشع إلى منطقة الفحص عن طريق ناقل العبوة على مسافة 5 - 12م، ومن الضروري استخدام هذه الأجهزة لفحص المعادن ووصلات اللحام في الأماكن التي يصعب الوصول إليها، وكذلك في فحص خطوط أنابيب النفط والغاز والخزانات.

وعندما يستلزم الأمر فحص **الفولاذ** الذي تزيد سماكته على 70مم فيجب الحصول على أشعة X باستطاعة كبيرة من المسرعات الخطية ومن الميكروترونات والبيئاترونات، وهذه الأجهزة تولد أشعة X بكثافة وحساسية أكبر للفحص ويكون زمن الفحص أقل.

وتستخدم الصفائح التصويرية الإشعاعية بحواجز أو من دون حواجز، وتخصص مختلف مستويات الحساسية للصفائح لأهداف محددة، فمثلاً تستخدم الصفيحة رقم 5 لكشف العيوب ذات البعد الأصغر، وغيرها لكشف العيوب العميقة، وغيرها.

ومن المميزات الأساسية للصفيحة التصويرية حساسيتها للإشعاعات المتباينة الشدة، وقدرتها على كشف العيوب المتقاربة.

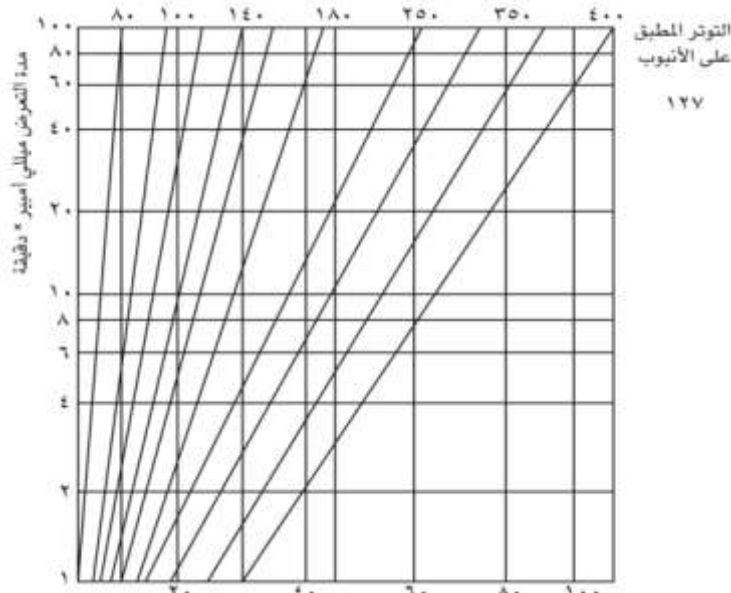


(الشكل 6-): مخطط جهاز أشعة غاما

- 1- جهاز تحريك للتحكم. 2- سلك التغذية. 3- خطوط التوصيل.
- 4- حامل ممنوع الإشعاع. 5- الرأس المشع. 6- ناقل العبوة

تقنية الفحص الإشعاعي:

يتم اختيار نوع الإشعاع تبعاً لسماكة المعدن المراد فحصه، وأهمية المنتجات ذات العلاقة، والأنواع المتوافرة من مصادر الإشعاع. فمثلاً عند فحص المنتجات التي يمكن أن تكون فيها عيوب ذات أبعاد كبيرة، يفضل استخدام النظائر المشعة (أشعة غاما) وتكون الحساسية النسبية للنظائر المشعة 4% ويعني ذلك أنه يمكن إظهار عيب ارتفاعه 4مم في لوح سماكته 100مم، وتتمتع الأنواع المختلفة من النظائر المشعة بحساسية نسبية مختلفة ويتم التحضير للتصوير باختيار صفيحة التصوير بأشعة X بموجب جداول ومخططات بيانية (الشكل 7).



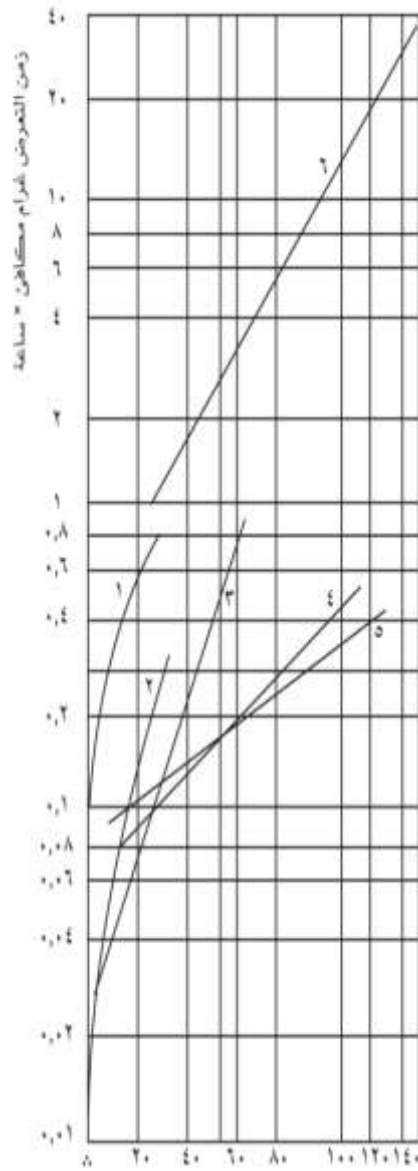
(الشكل 7-) بياني يحدد مدة تعريض صفائح فولاذية حتى سماكة 75 مم لأشعة إكس

أما في الاختبار المعتمد على أشعة غاما فيستعان بمخططات بيانية معيارية لتحديد زمن التعرض للإشعاع والمسافة بين مصدر الإشعاع ونوعية الصفيحة التصويرية الحساسة (الشكل 8).

الطرائق الحديثة لكشف العيوب بالإشعاع:

تعد طريقة التصوير الجاف بأشعة رونتجن، والكشف الداخلي التلفزيوني من الطرائق الحديثة لكشف العيوب في المعادن بواسطة الإشعاع.

وينحصر مبدأ التصوير الجاف بأشعة X بكشف العيوب باستعمال رقائق من **الفولاذ** أو خلائط الألمنيوم تطلّى سطوحها بطبقة من مادة جيدة الناقلية (السيليونيوم)، وتشحن الرقائق مسبقاً. وتحت تأثير أشعة X أو غاما، تفقد الرقائق الشحنات الكهربائية، وتصبح الشحنة المتبقية ضعيفة كلما ازدادت شدة الإشعاعات.



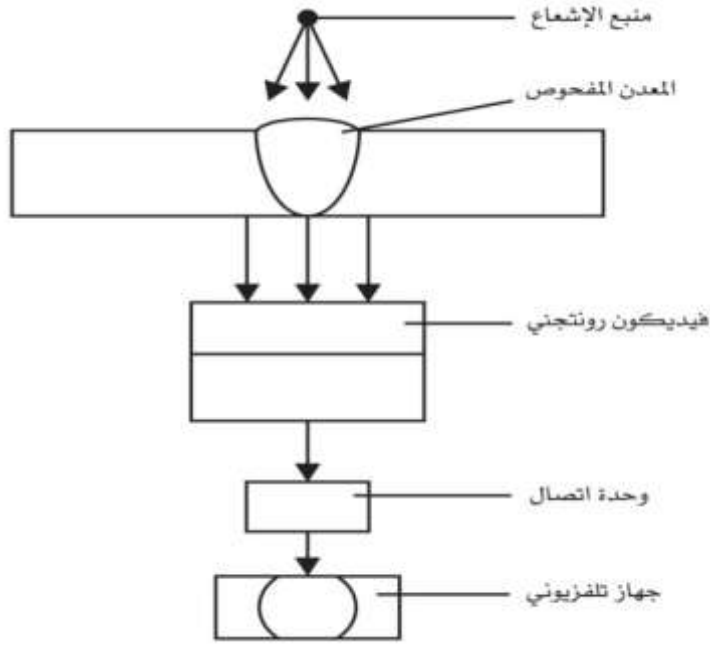
(الشكل 8-) بياني يحدد مدة تعريض صفائح الفولاد الأشعة غاما لأنواع مختلفة من المواد المشعة

- 1- توليوم 170 ، 2- سترونسيوم 85 ، 3- إيريديوم 192 ،
- 4- سيزيوم 137 ، 5- يورانيوم 238 ، 6- كوبالت 60 ،

وتكون شدة الإشعاعات أعلى في أماكن توضع العيوب، ولذا فإن الشحنة المتبقية في أماكن العيوب تصبح ضعيفة، وينتج من هذه المؤثرات توزيع إلكتروستاتي جديد على الرقائق يمكن

تحويله إلى صورة مرئية عند إظهاره . وتتكرر عملية الإظهار برش الرقائق الحاوية على العيوب بمسحوق مشحون مسبقاً شحناً كهربائياً ويحتاج ذلك عادة إلى 10 - 40 ثانية، ويتم تنفيذ عملية شحن الرقائق ومسحوق الإظهار بوساطة تفريغ كهربائي بتوتر يراوح بين 7 و 12 ك.ف. وتعادل مدة الشحن 10 - 12 ثانية وتحافظ الصفيحة على الشحنة مدة لا تزيد على 30 دقيقة ويقارب عمر الرقائق 700 دورة من دورات الشحن و التفريغ، وتتفد عملية سحب النسخ من الصفيحة بتماسها مع ورقة عادية تثبت عليها الصورة الحاصلة للقطعة المفحوصة. تقترب الحساسية النسبية لطريقة التصوير الجاف من حساسية طريقة التصوير الإشعاعي، وتتكرر أفضلية التصوير الجاف على التصوير الإشعاعي في سهولة الإظهار وسرعة الحصول على الصورة.

أما طريقة الكشف الداخلي التلفزيوني فتعتمد على إظهار الأجسام المعدة للاختبار والمعرضة للأشعة على شاشة التلفزيون، وتظهر عندئذ أبعاد العيوب وأشكالها، وتستخدم عادة أشعة X وتقوم الأنابيب المهبطية والمحولات الإلكترونية والبصرية وغيرها بتحويل الإشعاعات، بعد عبورها القطعة المراد فحصها، إلى أشعة مرئية. وبعض هذه التجهيزات قادر على كشف العيوب في سطوح معدنية حتى سماكة 70 مم وبحساسية 3-4% وبسرعة مسح مقدارها 1.5 مم/ دقيقة ويستخدم صمام التصوير التلفزيوني vidicon بأشعة X لفحص الفولاذ مثلاً، إلى جانب أجهزة الكشف الداخلي بأشعة X ومن هذه الأجهزة المنظومة التلفزيونية المتضمنة صماماً رونتجياً، وتحوّل الصورة الرونتجية مباشرة إلى إشارة مرئية يمكن نقلها في وحدة الاتصال إلى أنبوب الاستقبال التلفزيوني، وتتحول الصورة الإلكترونية إلى صورة ضوئية (الشكل 9).



(الشكل 9): منظومة تلفزيونية لفحص عيوب المعادن مزودة بفيديكون رونتجني.

1- منبع الإشعاع، 2- المعدن المفحوص

3- فيديكون رونتجني ، 4- وحدة اتصال، 5- جهاز تلفزيوني

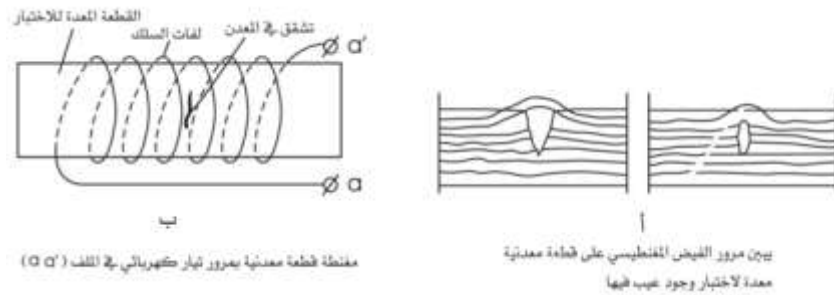
تتصف الوحدات التلفزيونية الصناعية بحساسية نسبية مرتفعة للتصوير على شاشات أجهزة الكشف الداخلي بأشعة رونتجن، يمكن بواسطتها فحص المعادن أو وصلات **اللحام** التي تصل سماكتها إلى 15مم بدقة عالية جداً.

وبفضل تطور طرائق جديدة مبنية على استخدام الحاس وب، أصبح ممكناً اليوم التصوير الروننتجني التلفزيوني لمنتجات معدنية وللحام أكثر سماكة .

اختبار المعادن بالفحص المغنطيسي:

يعتمد فحص المعدن مغنطيسياً على إظهار مجالات التشتت عند مرور خطوط القوة المغنطيسية في أماكن وجود العيوب، فإذا وضع مسحوق حديدي مغنطيسي على سطح المعدن، يتجمع المسحوق فوق مكان العيب على هيئة طيف موجه بانتظام (الشكل 10).

ينفذ التمتعظ بإمرار التيار في القطعة المراد فحصها وبتوليد مجال مغنطيسي حول القطعة تحت تأثير مغنطيس طبيعي أو مغنطيس كهربائي، ويتحدد عدم انتظام المجال المغنطيسي بالحساس الذي يتمثل هنا بالمسحوق المغنطيسي، وهو الذي يبين موقع العيب وامتداده بالقطعة. والطريق الملائمة لإحداث تدفق مغنطيسي هي إمرار تيار مستمر كثافته 15-20 أمبير/مم² في لفات السلك الملفوف من ثلاث إلى ست لفات على القطعة المراد فحصها، ويمكن بمساعدة المسحوق المغنطيسي إظهار أي عيوب داخلية مهما كانت، ويستخدم هذا النوع من الاختبار لكشف الشقوق الداخلية، وانفصال المعدن إلى طبقات وكذلك كشف التجاويف الغازية الكبيرة، والمسامية والتكونات الخبيثة الداخلية.



(الشكل: 10) - اختبار المعادن بالفحص المغنطيسي

أ: يبين مرور الفيض المغنطيسي على قطعة معدنية معدة لاختبار وجود عيوب فيها.

ب: مغنة قطعة معدنية بمرور تيار كهربائي في الملف. (a)

1- لفات السلك، 2- تشقق في المعدن، 3- القطعة المعدنة للاختبار

وهناك طريقتان للفحص بمساعدة المسحوق المغنطيسي: الطريقة الجافة والطريقة الرطبة.

ففي الطريقة الأولى، يكون المسحوق (برادة الحديد) جافاً، وفي الطريقة الثانية، يكون المسحوق المغنطيسي معلقاً في السائل (كبروسين، محلول الصابون، ماء).

ويمكن، بالطريقة الجافة، كشف العيوب السطحية والداخلية في حين يفضل كشف العيوب السطحية بالطريقة الرطبة.

وتستخدم أيضاً طريقة تسجيل التغيرات المغنطيسية على شريط مغنطيسي، لفحص المعادن وخلائطها، ومناطق اللحام، وتعتمد هذه الطريقة على تسجيل مجالات التشتت التي تتولد فوق العيوب، على شريط مغنطيسي ثم استعادتها بكاشف م غنطيسي، وتُتبع هذه الطريقة، في فحص الأنابيب ووصلاتها، والهياكل المصنوعة من ألواح معدنية سماكتها تراوح بين 4 و16 مم.

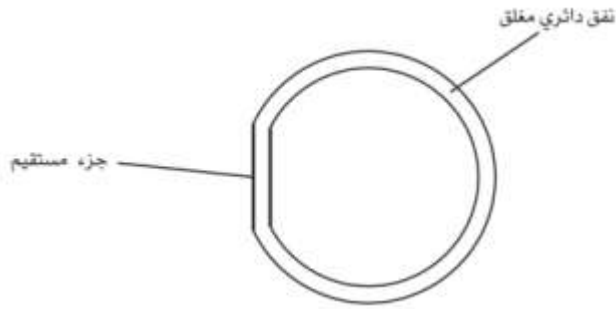
اختبار المواد بتحليل طيف القوس الكهربائي للمادة:

تستخدم في معامل الصلب وفي المخابر المتخصصة طريقة القوس الكهربائي المسلطة على المادة لمعرفة النسب المئوية لمكونات الفولاذ أو الخلائط المعدنية الأخرى.

ويعتمد على مبدأ تحليل إضاءة قوس كهربائية تسلط على الخليطة المعدنية، وبوساطة جهازٍ م حللٍ طيفي، مرتبط بحاسوب رقمي، تحدد بسرعة وبدقة نسبة المكونات في الفولاذ (من كروم ونيكل وفحم وغيرها) ويعتمد على هذه الطريقة لبساطتها ودقتها في مراقبة إنتاج معامل الصلب، وذلك بإجراء عدة قياسات على نماذج من الحديد و الفولاذ على مدار ساعات الإنتاج اليومي، إضافة إلى استعمالها في تحديد النسب المئوية للخلائط الخاصة (فولاذ، تنغستين، موليبدن وغيرها).

اختبار المواد في النفق الهوائي فوق الصوتي تحت شروط البرودة القصوى : وهي تجارب حديثة ومرتفعة النفقة، هدفها فحص مقاومة بعض الخلائط المعدنية من فولاذ - تيتانيوم وغيرها في تحمل التقلص والتمدد السريعين في سرعات أكبر من سرعة الصوت، وتستعمل بوجه خاص لاختبار مقاومة هياكل الصواريخ وهياكل الطائرات فوق الصوتية التي تحلق على ارتفاعات عالية (من 2-8ماك). وكما هو معلوم فإن السرعات العالية تسبب ارتفاعاً شديداً في درجة حرارة هيكل الطائرة أو الصاروخ أو المكوك الفضائي التي تصل إلى 1000 - 1800 درجة مئوية وذلك ناتج من احتكاك ذرات الهواء مع المعدن .

ومن المعلوم أن درجة حرارة الجو على ارتفاعات شاهقة تراوح 40 و 60 درجة مئوية تحت الصفر . وهذا التباين الكبير في درجات الحرارة يضاف إليه سرعة الطائرات إلى أضعاف سرعة الصوت، يعرض هيكل الطائرة ومسامير التثبيت إلى إجهادات ميكانيكية هائلة يصعب التنبؤ بها، لذا يتم فحص نماذج مصغرة ضمن نفق هوائي صناعي، يضمن تدفق تيار هواء بسرعة مقدارها عدة مرات سرعة الصوت، توفرها عنفات خاصة متسلسلة ويجهز النفق أيضاً بضواغط، لتبريد الهواء حتى درجات متدنية تراوح بين 50 و 60 درجة مئوية تحت الصفر.



(الشكل: 11)- تمثيل النفق الدائري المغلق

1- نفق دائري مغلق، 2- جزء مستقيم

تدور الكتلة الهوائية السريعة جداً والباردة في نفق مغلق دائري أحد أجزائه مستقيم يخصص لوضع النماذج المصغرة للطائرات المعدة للاختبار (الشكل 11) وبهذا الجهاز يمكن

اختبار عدد كبير من الخلائط المعدنية لدراسة المعادن في شروط قاسية من السرعة والبرودة القصوى.

اختبار المواد تحت شروط مركبة (حرارة وضغط وإشعاع ذري):

لاحظ الخبراء في المدة الأخيرة حدوث تشققات خطيرة في الجسم الفولاذي لقلب المفاعل الذري المستخدم في المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

وتتوضع تلك التشققات حول فتحات أنابيب التبريد وكذلك أنابيب قضبان التحكم في المفاعل كما وجد أن تلك التشققات حصلت بسبب الإجهادات المطبقة على المعدن من قذف نيوتروني وحرارة عالية وضغط مرتفع . وهي تسبب خطراً كبيراً على تشغيل المفاعلات مما يترتب علي إيقاف عدد كبير منها لتبديل تلك الوصلات الفولاذية، مما يسبب خسارات مادية كبيرة لم تكن في مجال تقديرات الخبراء من قبل .

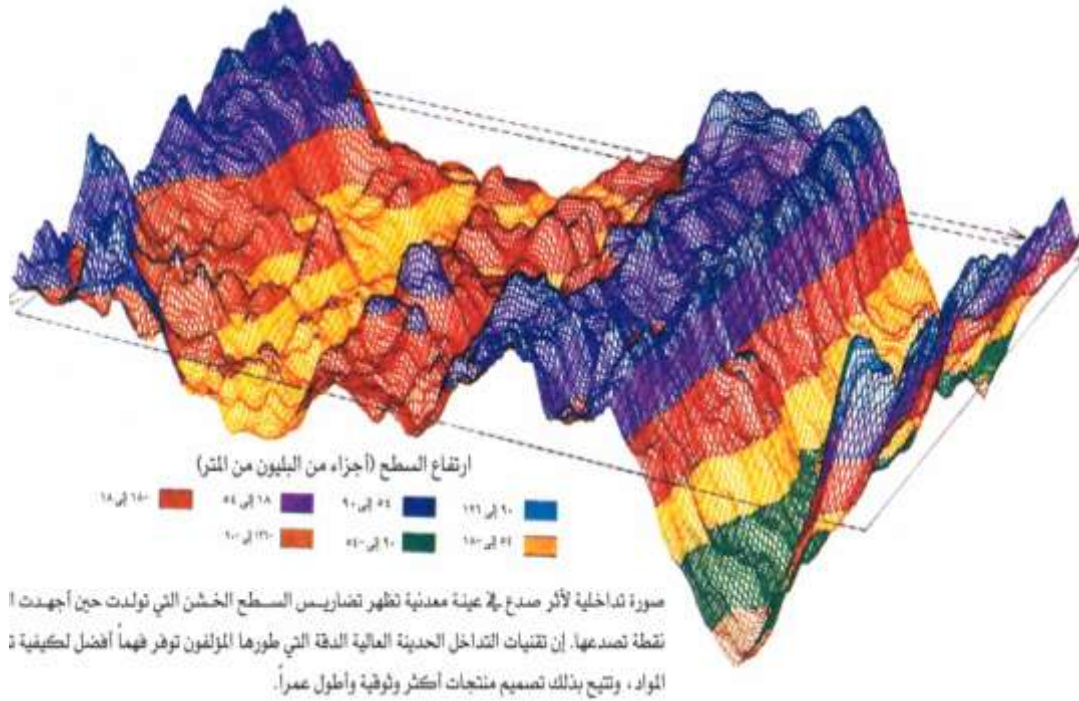
لذلك بدأت سلسلة من الأبحاث هدفها وضع الأسس القياسية لاختبار مجموعة من نماذج الخلائط المعدنية، ووضع طرائق حديثة في لحم المعادن، وتعرض ها لإشعاع ذري، وضغط عالٍ وحرارة مرتفعة لمدد طويلة زمنياً لاختبار الخلائط المقاومة لشروط عمل مركبة .

اختبار السطوح بقياس التداخل الضوئي : إن المبدأ الأساسي في التداخل الضوئي هو أنه عندما تلتقي موجتان ضوئيتان فإنهما تتداخلان إحداها مع الأخرى فإذا انطبقت ذروة إحدى الموجتين على قاع الموجة الأخرى (كانتا متعاكستين في الطور) كان التداخل هداماً وأبطلت إحداها الأخرى. أما إذا تطابقت ذروتا الموجتين وتطابق قاعاهما (كانتا متفقتين في الطور) فإن الموجتين تقوي إحداها الأخرى.

وتستعمل التداخلات الضوئية لقياس تقلبات ضعيفة جداً أو تشوهات صغيرة .

وإن تقنيات التداخل الضوئي الحديثة العالية الدقة توفر فهماً أفضل لكيفية تصدع المواد، وتتيح بذلك تصميم منتجات تكون أكثر ثقة وأطول عمراً . والشكل -12 يبين صورة تداخلية لأثر صدع في عينة معدنية تظهر تضاريس السطح الخشن التي تولدت حين أجهدت العينة حتى نقطة تصدعها.

!Error



وقد قامت تقنية التداخل الضوئي أيضاً بدور مهم في تحسين شرائط التسجيل المغناطيسية وصنعها، فالاختبار يبين جودة أداء شريط الفيديو أو شرائط التسجيل المغناطيسية وصنعها، أو شرائط تسجيل الحاسوب إذ إن كفاية التسجيل تتعلق مباشرة بخشونة السطح .

ولما كانت هذه الطريقة سريعة في اختبار السطوح من دون تماس مع السطح ومن دون أي تخريب، فإن هذه الطريقة أسهمت في إنقاص نفقة صنع شرائط التسجيل المغناطيسية وأقراص الحاسوب وسطوح الرقاقات الميكروية mecro chips كما تحسن كذلك أداء هذه المواد وجودتها تحسناً كبيراً.

وكذلك يُعتمد على طريقة قياس التداخل الضوئي لدراسة كيف تبلى منتجات مثل أقراص الحاسوب أو مدارج الكريات بغية تحسين نوعيتها.

وقد تبنى عند اختبار سطوح أفلام التصوير أن تضاريسها السطحية تتبع في الغالب الكثافة الضوئية للصورة أي نقاط التعتيم فيها وقد ساعد قياس التداخل الضوئي في تحسين التباين في الصورة الفوتوغرافية بقياس انحدار تضاريسها السطحية، ومعلومات من هذا النوع هي مهمة جداً وتفيد في تحسين صناعة الأفلام.

وتعتمد طريقة اختبار السطوح بقياس التداخل الضوئي على طبيعة الضوء الموجية لإجراء قياسات بالغة الدقة لتضاريس السطوح . إذ إن التداخل يتيح تحليلاً مثالياً ولا يتضمن تماساً فيزيائياً مع السطح الذي يراد دراسته ولكن تفسير صور التداخل وتحويلها إلى قياسات مفيدة لبنية سطح المادة صعب جداً، لأن مخططات التداخل تتألف من أنماط سريعة التواتر لشرائط مضيئة ومظلمة إلى درجة يصعب معها استنتاج صورة واضحة ودقيقة لسطح المادة المختبرة.

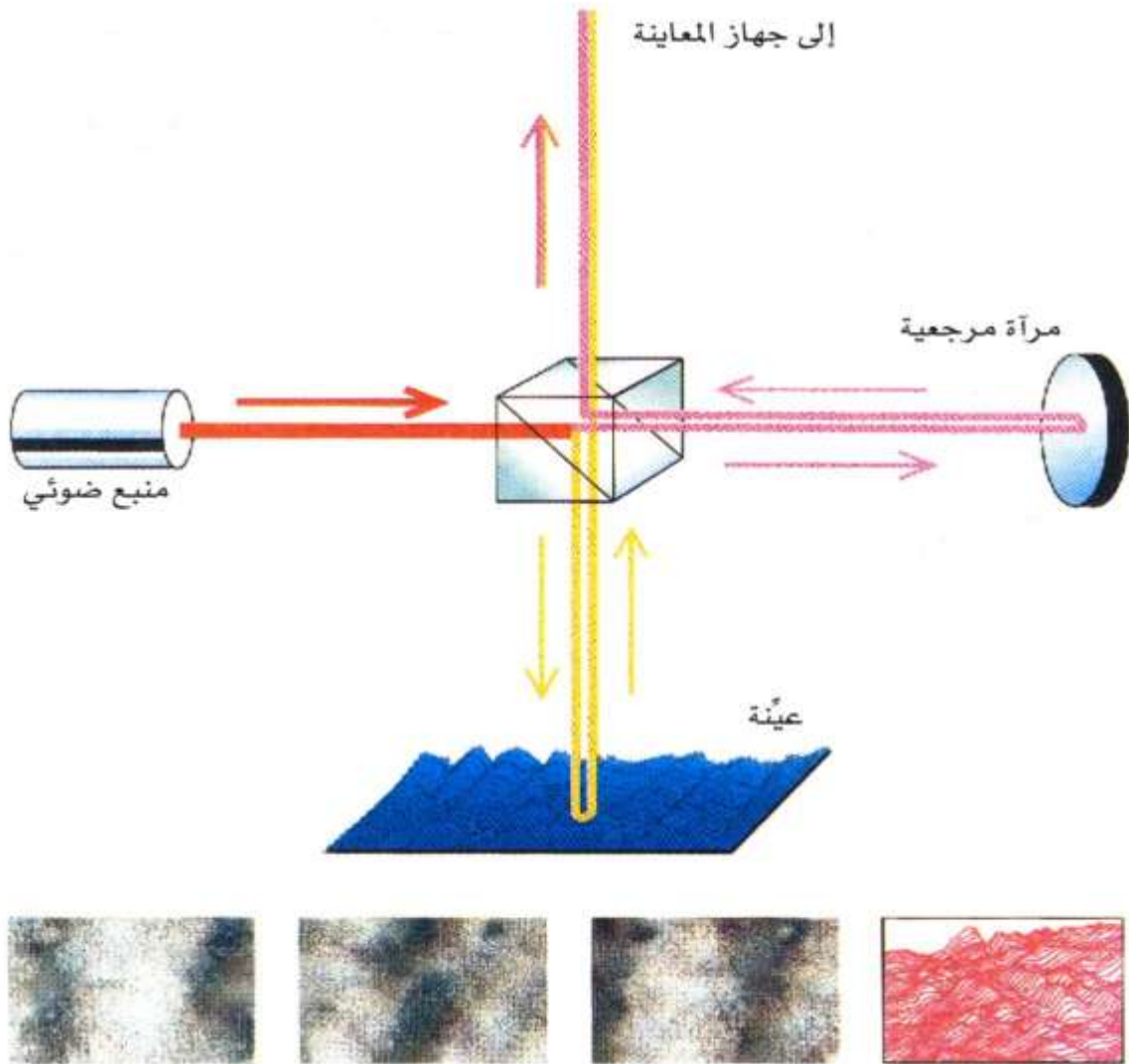
بيد أن تطور البرامج الحاسوبية، لإظهار صور ثلاثية الأبعاد يولدها الحاسوب، سهل توفير مقدار كبير جداً من المعلومات عن مخطط التداخل بطريقة واضحة، وهكذا تم الجمع بين مقياس التداخل والحواسيب الحديثة التي تتصف بقدرتها العالية على رسم المخططات البيانية المعقدة.

وطريقة اختبار السطوح بقياس التداخل الضوئي تنافس مباشرة طريقة فحص السطوح بواسطة المجاهر الضوئية والإلكترونية لأن هذه المجاهر تميز تفاصيل دقيقة جداً إلا أنها تعجز بوجه عام عن قياس ارتفاع النتوءات والعيوب التي تكثر على السطح .

والطريقة القياسية التقليدية المعروفة باسم القياس الإبري للتضاريس stylus profilometry تتضمن إبرة تسجيل تتحرك عمودياً ملامسة لسطح العينة المراد فحصها، فيسجل صعود الإبرة وهبوطها تضاريس سطح العينة على شريط رقيق، ويمكن عيب هذه الطريقة في أن ضغط رأس الإبرة على السطح ضغطاً شديداً يمكن أن يخرب سطح الأفلام والشرائط وأقراص الحاسوب، لذلك كان للتداخل الضوئي مميزات مهمة في دراسة بنية السطوح . والأداة السابرة الوحيدة المستخدمة هي حزمة ضوئية ضعيفة الشدة، حتى لا تكون متلفة لسطح المادة . ويمكن

للتداخل - من حيث المبدأ - أن يحلل تضاريس السطح التي تبلغ ارتفاعاتها بضعة أنغسترومات.

ويستخدم مبدأ التداخل في عدة مقاييس للتداخل ل. وأول هذه المقاييس هو مقياس ميكلسون للتداخل الضوئي الذي يبين (الشكل 13) طريقة عمله.



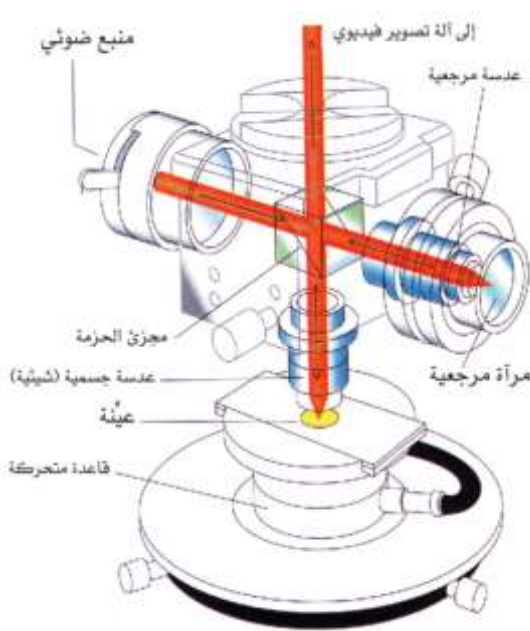
الشكل 13- أسلوب قياس التداخل الضوئي على مقياس ميكلسون

يحدث التداخل الضوئي عندما تتلاقى موجتان أو مجموعة من الموجات، ففي الطراز الحديث من مقياس ميكلسون للتداخل، تسقط حزمة ليزر على مرآة نصف عاكسة تجزئ

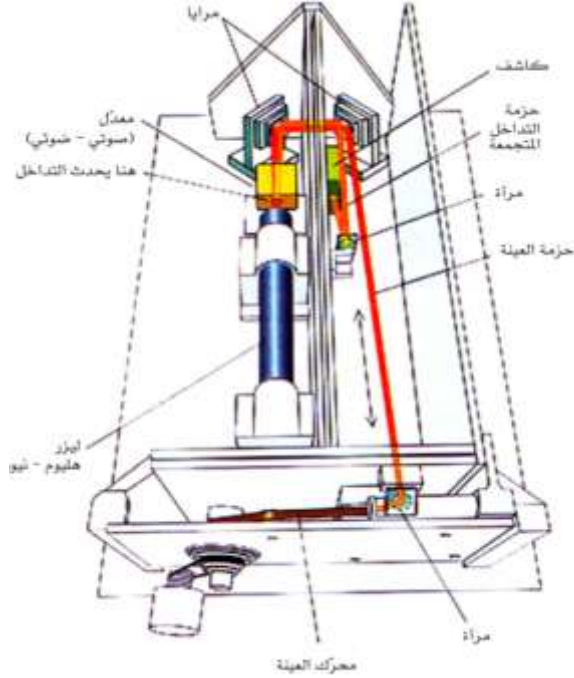
الحزمة إلى حزمتين في مسارين متعامدين فتعكس إحدى الحزمتين عن العينة وتنعكس الأخرى عن المرآة المرجعية . وحين تلتقي الموجتان بعد انعكاسهما تتولد من تراكبهما موجة تكون شدة ضيائها عظمى إذا كانت الموجتان متفقتين في الطور وتكون شدتها صغرى إذا كانت الموجتان متعاكستين في الطور .

وتتأوب المناطق المظلمة والمضيئة، التي تسمى أهداب التداخل، في الصورة التداخلية أو مخطط التداخل المبين في الصف السفلي، وتغير نتوءات سطح العينة وأغواره طول المسار الذي تقطعه الحزمة الأولى فتغير بذلك العلاقة المكانية بين الحزمتين وشكل الأهداب التي تظهر تضاريس سطح العينة مثلما تفعل خطوط المناسيب (الارتفاعات) على مصور جغرافي . وتقتضي إحدى طرائق تحليل قياس التداخل بالحاسوب تكوين ثلاث صور تداخلية للعينة، وهي في هذه الحالة شريط فيديو خشن جداً .

!Error



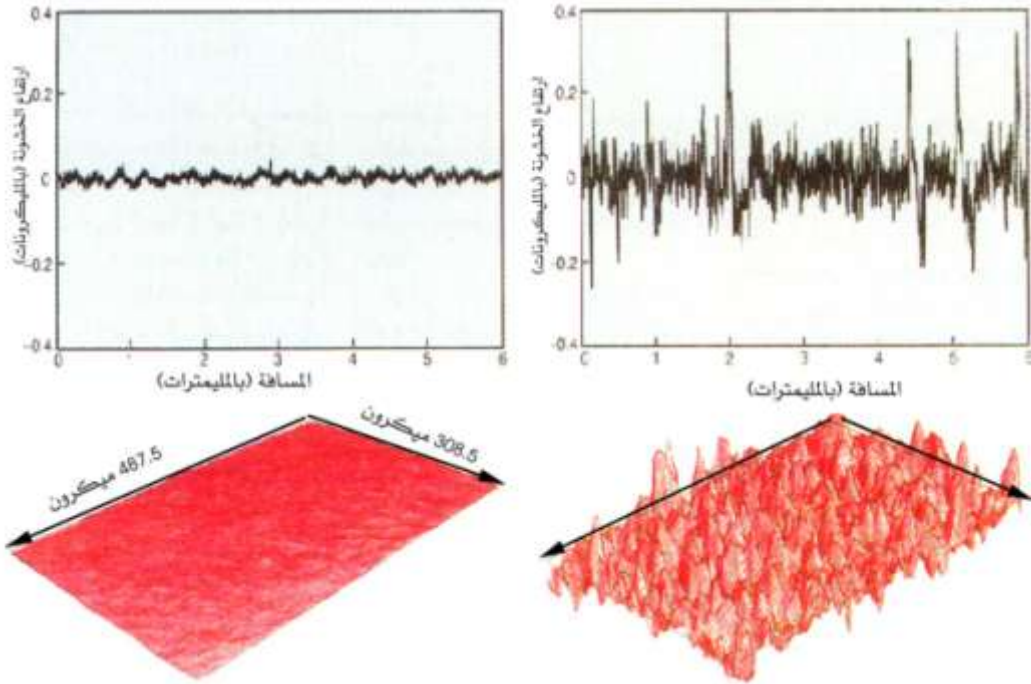
(الشكل 15- مقياس التداخل المجهرى)



(الشكل 14- مقياس التداخل الليزري)

يغير تحريك العينة المسافة التي تقطعها الحزمة الأولى ويغير الأطوار في الموجة المتجمعة.

وبتحليل تغيّر الضياء في كل نقطة من الصورة التداخلية يمكن الكشف عن طور الموجة ومن ثم ارتفاع السطح في النقطة المقابلة من سطح العينة ثم تُرسم هذه المعلومات صورةً ثلاثية الأبعاد (أقصى اليمين في الأسفل).

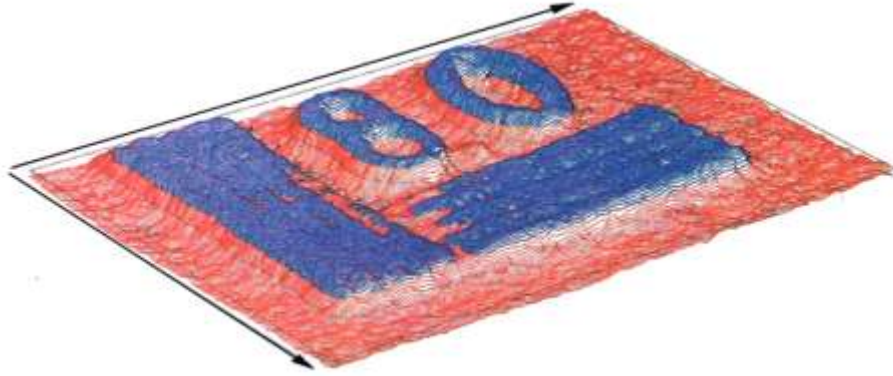


(الشكل 16- تضاريس سطح نموذجي لشريط مغناطيسي)

والمقياس الثاني هو مقياس التداخل الليزري الموضح في الشكل 14- إذ يوجه مقياس التداخل الليزري الماسح حزمة ليزرية مركزة نحو عينة متحركة ويقوم معدل بتغيير تواتر (تردد) حزمة العينة فيجعلها تولد نسقاً منتظماً من التداخل عندما تمتزج مع الحزمة الأصلية . إذ تغير النبوءات والأغوار التي على سطح العينة طول المسار فيتغير النسق وتظهر بذلك تضاريس العينة.

أما المقياس الثالث فهو مقياس التداخل المجهرى المبين في الشكل 15- ويتألف من مقياس ميكلسون الذي يتضمن عدسات مكبرة وصينية متحركة للعينة.

تسجل آلة تصوير فيديو أنماطاً تداخلية لثلاثة أوضاع للعينة وتحولها إلى معلومات رقمية تكون منها برامج الحاسوب صورة ثلاثية الأبعاد لسطح العينة .



(الشكل-17) صورة ضوئية (فوتوغرافية) لخريطة اختبار بمقياس التداخل المجهرى

ويبين الشكلان 16 و 17 أمثلة عن نتائج استعمال هذه المقاييس لاختبار نعومة سطح شريط مغنطيسي.

ويتطلب تسجيل مخططات التداخل الضرورية باستعمال مقياس التداخل المجهرى ثانيتين تقريباً، وهو الزمن اللازم لقياس مخطط معالم السطح باستعمال مقياس التداخل الليزري الماسح، أما الحاسوب فيتطلب نحو دقيقتين لتحليل المعلومات الواردة من مقياس التداخل ويمكن للحاسوب، بالاعتماد على المعالجة الرقمية، إجراء تعديلات كثيرة من تضخيم للتضاريس الرأسية للصورة، وإضافة الألوان إلى التفاصيل، أو إظهار مناظر جانبية .

ويمكن للحاسوب، بمعالجات رياضية، تحديد ارتفاع معالم السطح التي يكشفها مقياس التداخل أو عمقها أو حجمها، وتحليل طبوغرافية السطح الإجمالية ضمن المساحة المدروسة .