بسم الله الرحمن الرحيم

محددات التصوير الشعاعي

الدكتور المهندس وفيق حرارة مستوى ثالث في اختبار المكونات المعدنية بالتصوير الشعاعي وبالأمواج فوق الصوتية وبالتيارات الدوامة (تيارات فوكو)

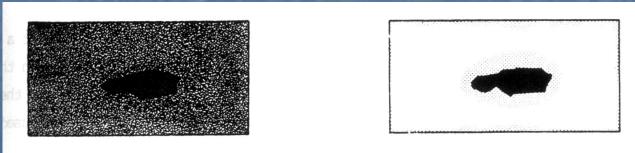
مدير بحوث في هيئة الطاقة الذرية

التباين Contrast هو مقارنة كثافة أو درجة اسوداد الفلم في الأجزاء المتجاورة

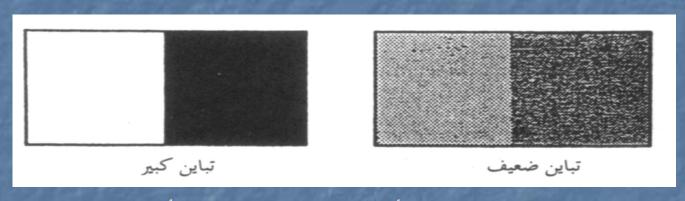
التباين الناتج عن العينة والتباين الناتج عن أفلام التصوير: ينتج التباين في الصورة الشعاعية لعينة ما عن كل من التباين الناتج عن شكلها الهندسي والتباين الناتج عن الفلم المستخدم في التصوير.

يشار إلى العوامل العائدة إلى العينة والتي تؤثر على تباين الصورة الشعاعية بالتباين الناتج عن العينة كما ويشار إلى العوامل العائدة إلى الفلم والتي تؤثر على تباين الصورة الشعاعية بالتباين الناتج عن الفلم.

يبين الشكل (١) أن تباين الأجزاء في الفلم على الجانب الأيمن أعلى مما هو عليه في الفلم على الجانب الأيسر الأيسر.



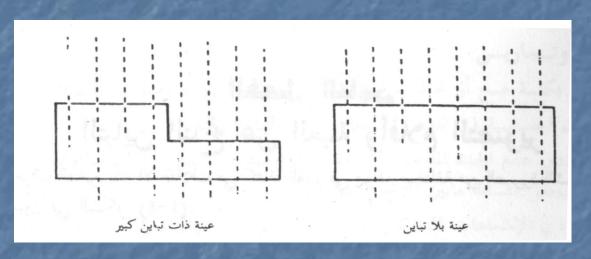
يبين الشكل (٢) فلمان أحدهما ذو تباين ضعيف والأخر ذو تباين عالي.



الشكل ٢: صورتين شعاعيتين أحداهما ذات تباين ضعيف والأخرى ذات تباين عالي

التباين الناتج عن العينة

يعرف التباين الناتج عن العينة بأنه نسبة عدد فوتونات الأشعة السينية أو فوتونات أشعة غاما النافذة من جزئين متجاورين مختلفين في الثخانة كما هو موضح في الشكل ٣ وبالتالي لا تحوي الصورة الشعاعية لعينة ذات تخانة وكثافة متجانسة على أي تباين ناتج عن العينة.



الشكل ٣: عينتان إحداهما بلا تباين والأخرى ذات تباين كبير

يمكن الحصول على أفضل تباين ناتج عن العينة باستخدام إشعاعات ذات طاقة منخفضة قادرة على اختراق العينة.

ملاحظات:

- تؤدي المبالغة في خفض طاقة الأشعة المطبقة إلى عدم نفوذ الأشعة من الأجزاء الثخينة التي من الممكن أن تحتوي على عيوب وبالتالي ضياع فرصة الكشف عنها.

- يؤدي تطبيق أشعة ذات طاقة عالية على العينة إلى اسوداد الفلم في الأجزاء غير الثخينة والثخينة على السواء وذلك لمقدرة الأشعة من اختراق كافة الثخانات تقريباً بنفس المقدار وبالتالي اسوداد الفلم بشكل متمائل مما يؤدي إلى انعدام التباين الناتج عن العينة وضياع فرصة اكتشاف العيب أيضاً.

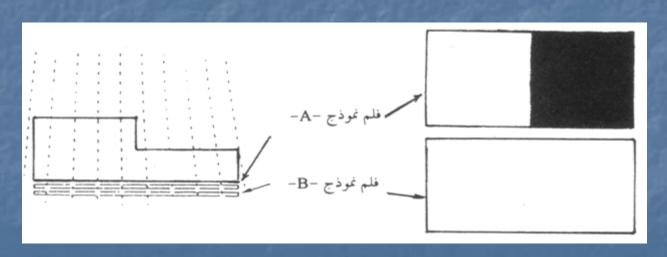
- بمقدور فني التصوير الشعاعي المؤهل والمرخص وفق المواصفات اختيار طاقة الأشعة المناسبة لاختراق العينة بشكل ملائم وإظهار التباين الناتج عن العينة بشكل واضح وبالتالي اكتشاف العيوب في العينة إن وجدت.

التباين الناتج عن الفلم

يعرف التباين الناتج عن الفلم بأنه قابلية الفلم في إظهار اختلاف في الكثافة من أجل اختلاف محدد في تعريضه للأشعة.

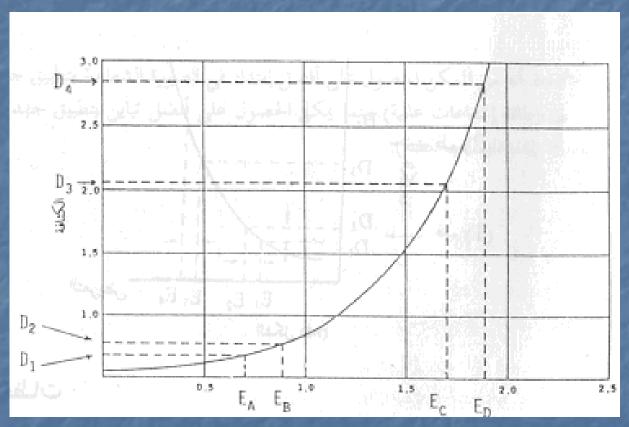
يتواجد أنواع عديدة من أفلام التصوير الشعاعي تتمايز فيما بينها في قابلية إظهار التباين.

يبين الشكل ٤ فلمين مختلفين في قابلية إظهار التباين تم تعريضهم بشكل متماثل اللي جرعة إشعاعية واحدة حيث أظهر الفلم -A- تبايناً أكبر بكثير من التباين الذي أظهره الفلم -B-.



الشكل ٤: اختلاف التباين وفقاً لنوع الفلم المستخدم

يعبر عن التباين الناتج عن الفلم دوماً بالعلاقة مابين الجرعة التي تعرض لها الفلم والكثافة الضوئية الناتجة عن هذه الجرعة وهذا ما يعرف بمنحنيات خواص الفلم (Film characteristic curves) كما هو مبين بالشكل ٥.



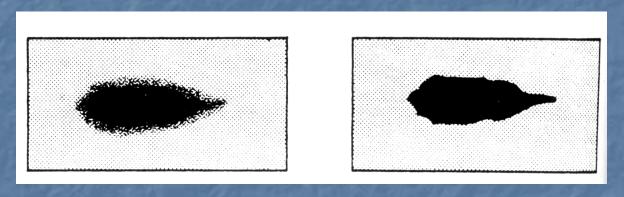
الشكل ٥: منحني خواص الفلم

مما تقدم يتبين إن التباين الكلي في تنفيذ التصوير الشعاعي لعينة ما هو عبارة عن مجموع التباين الناتج عن الفلم والتباين الناتج عن العينة ويتعلق هذا التباين الكلي:

- بطاقة الأشعة المطبقة (KeV or MeV)
 - ونوع الفلم المستخدم
 - وزمن التعريض
- وطريقة المعالجة الكيميائية لفلم التصوير الشعاعي
 - والشكل الهندسي للعينة
- وتأثير الأشعة الثانوية (المبعثرة) Scattered Radiation
 - وثخانة الصفائح الرصاصية المستخدمة

الحدودية Definition

هو مقدار وضوح معالم الفصل بين الأجزاء مختلفة الكثافة على الفلم، ففي الشكل ٦ يتبين أن الحدودية في الفلم اليميني أفضل من الحدودية في الفلم اليساري.



الشكل ٦: الحدودية لصورتين شعاعيتين

ترتبط الحدودية بحجم وتوزع حبيبات الفضة التي تم إظهارها ضمن طبقة المستحلب لفلم التصوير المستخدم Film Graininess وبشكل عام كلما كانت الحبيبات (حبيبات برومايد أو هاليد الفضة) أصغر كلما كانت الحدودية ومقدرة الفصل بين تفاصيل الخيال أوضح وأدق.

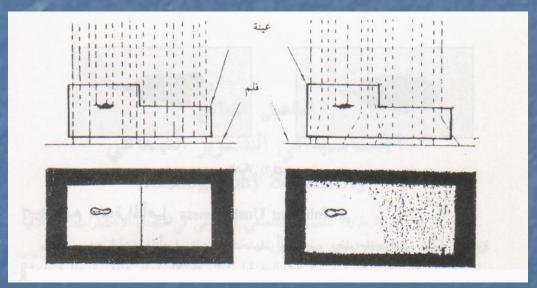
تستخدم الأفلام ذات البنية الحبيبية الكبيرة لإنقاص زمن تعريض العينة والفلم للأشعة بينما تستخدم الأفلام ذات البنية الصغيرة للحصول على صور شعاعية ذات حدودية عالية.

تبعثر الأشعة

تؤثر الإشعاعات المبعثرة (Scattered Radiation) على قيمة التباين والحدودية لفلم التصوير الشعاعي: التصوير الشعاعي:

- التبعثر الداخلي Internal Scatter

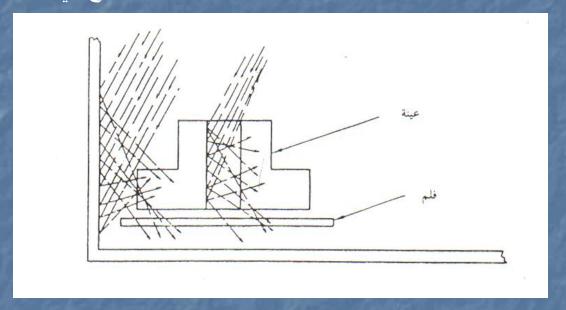
ينتج التبعثر الداخلي عن تغير مسارات فوتونات الأشعة ضمن العينة كما هو مبين في الشكل ٧ الذي يبين العينة وخيالها في حالة حدوثه.



الشكل ٧

-التبعثر الجانبي Side Scatter

ينتج التبعثر الجانبي عن الأشعة المرتدة عن الجدران الجانبية أو المرتدة عن الأشياء المتواجدة ضمن مسار الأشعة وبالقرب من العينة المراد تصويرها كما هو موضح في الشكل ٨

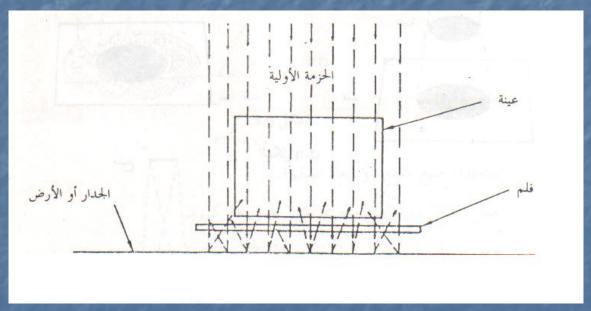


الشكل ٨: التبعثر الجانبي

- التبعثر الخلفي Back Scatter

ينتج التبعثر الخلَّفي عن ارتداد الأشعة عن الأرض أو المنضدة أو الأشياء المتواجدة خلف الفلم كما هو موضح في الشكل ٩.

يمكن الكشف عن التبعثر الخلفي بوضع رقم رصاصي خلف الفلم مباشرة فإذا ظهر خيال هذا الرقم على الفلم فيكون ذلك دليلاً على وجود التبعثر الخلفي.



الشكل ٩: التبعثر الخلفي

عدم الحدة المتأصل Inherent Unsharpness

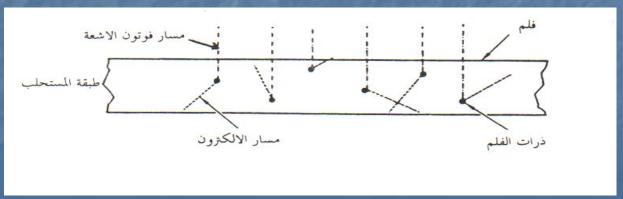
يعرف عدم الحدة المتأصل بأنه نقص التحديد أو نقص وضوح حواف خيال الصورة الشعاعية للعينة وذلك بفعل الالكترونات الحرة الناتجة عن مرور فوتونات الأشعة في فلم التصوير والتي تأين الطبقات الحساسة من الفلم خلال مسارها فيها كما هو موضح في الشكل ١٠ ونظراً لعدم إمكانية تخفيف أثر هذه الظاهرة فقد تم تسميتها بعدم الحدة المتأصل أو عدم الحدة الناتج عن الفلم Film Unsharpness .

عدم الحدة الكلي

يعرف عدم الحدة الكلي في التصوير الشعاعي بأنه مجموع عدم الحدة الهندسي Geometrical Unsharpness وعدم الحدة الناتج عن الفلم Film Unsharpness وعدم الحدة الناتج عن الفلم ففي الوقت الذي لا يمكن فيه التحكم بعدم الحدة الناتج عن الفلم بفعل حركة الالكترونات الثانوية ضمن مستحلب الفلم وعدم الحدة الناتج عن الاهتزاز بفعل اهتزاز الفلم أو المنبع المشع فإنه يمكن التحكم بقيمة عدم الحدة الهندسي وذلك عن طريق التحكم بمحددات التصوير الشعاعي.

بشكل عام يتم إهمال عدم الدقة الناتج عن الاهتزاز ويعبر عن عدم الدقة الكلي بمجموع عدم الحدة الناتج عن الفلم وعدم الحدة الهندسي.

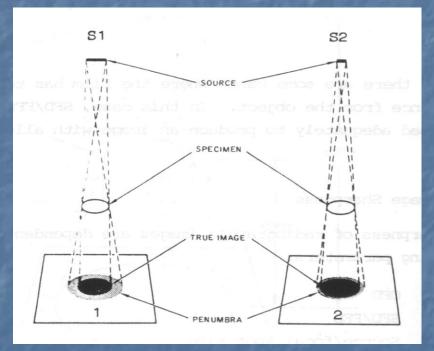
في التطبيقات العملية يعتبر عدم الحدة الكلي مساوياً لعدم الحدة الهندسي.



الشكل ١٠: تغير مسارات الالكترونات المؤينة لحبيبات الفلم

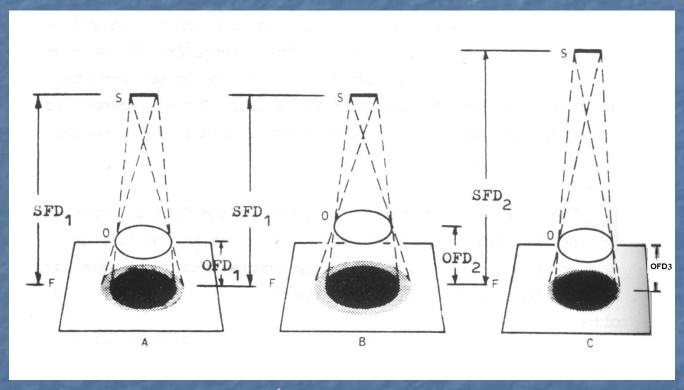
عدم الحدة الهندسي Geometric Unsharpness

يقصد بعدم الحدة الهندسي بأنه مجموعة العوامل الهندسية التي تؤثر على جودة خيال العينة على فلم التصوير إذ يؤدي استخدام منابع مشعة غير نقطية إلى تشوه الصور الشعاعية للعينات عند الحواف ويدعى هذا التشوه شبه الظل (Penumbra)، ويكون شبه الظل معدوماً عند استخدام منابع مشعة نقطية في تنفيذ أعمال التصوير الشعاعي ويزداد كلما ازدادت أبعاد المنبع المشع كما هو مبين في الشكل ١١.



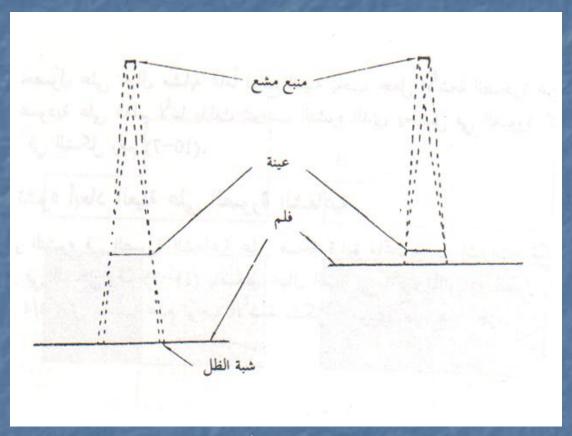
الشكل ١١: ازدياد قيمة شبه الظل مع ازدياد أبعاد المنبع المشع

نظراً لعدم إمكانية التخلص من شبه الظل (الظليل) بشكل كامل وذلك لعدم إمكانية صناعة أجهزة تصوير شعاعي بمنابع مشعه صغيرة جداً أو بمنابع نقطية فإنه يلجأ إلى إنقاص أبعاد شبه الظل بزيادة المسافة مابين المنبع المشع والعينة المراد تصويرها كما هو موضح في الشكل ١٢.



الشكل ١٢: تغير أبعاد شبه الظل تبعاً لبعد المنبع عن الفلم

كما يمكن إنقاص أبعاد شبه الظل بوضع الفلم بالقرب أو على تماس مباشر مع العينة المراد تصويرها كما هو مبين بالشكل ١٣.



الشكل ١ : اختلاف أبعاد شبه الظل وفقاً لتوضع العينة بالنسبة إلى الفلم

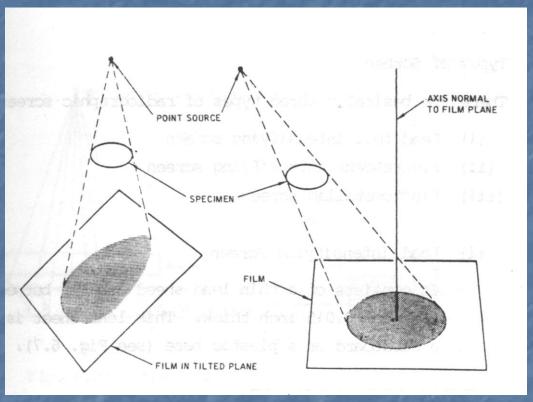
يتبين مما تقدم أنه من الممكن تحسين التحديد للصورة الشعاعية وذلك بإنقاص أبعاد شبه الظل وذلك بإجراء ما يلي:

١ – استخدام منبع مشع ذو أبعاد صغيرة.

٢- جعل المسافة بين المنبع والعينة المراد تصويرها كبيرة.

٣- جعل المسافة بين العينة المراد تصويرها والفلم صغيرة.

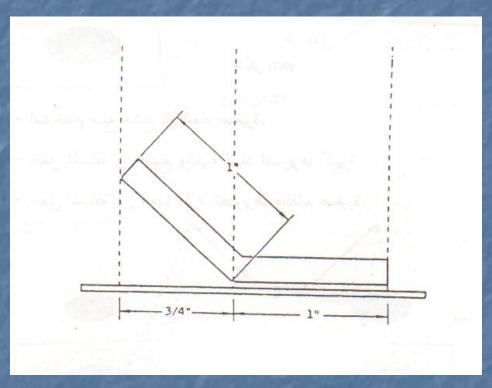
وللحصول على خيال مشابه تماماً لواقع العينة يجب جعل الأشعة الصادرة عن المنبع المشع عمودية على الفلم لتجنب التشوه الذي يحصل في الصورة كما هو موضح في الشكل ١٤.



الشكل ١٤: تشوه خيال الصورة الشعاعية عند السقوط المائل للأشعة على الفلم

تشوه أبعاد العينة على الصورة الشعاعية

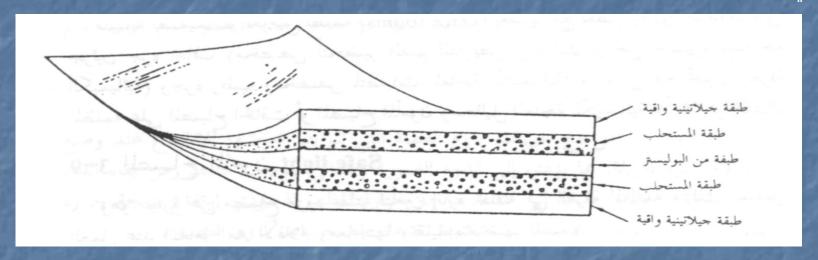
يؤثر التشوه في الصورة الشعاعية على صحة قراءة ما تحويه من إشارات، فكما هو موضح في الشكل ١٥ ينضغط خيال العينة في الجزء المائل بمقدار ٤/٣ بسبب عدم توجيه الأشعة بشكل عامودي على هذا الجزء.



الشكل ١٥: انضغاط خيال العينة في الجزء المائل

أفلام التصوير الشعاعي

يتألف فلم التصوير الشعاعي من رقاقة من مادة البوليستر الشفاف في المركز حيث يتوضع على كل من طرفيها طبقة من مستحلب حساس وطبقة من مادة الجيلاتين لحماية الطبقة الحساسة من الخدش كما هو مبين في الشكل ١٦.



الشكل ١٦: الطبقات في فلم التصوير الشعاعي

تتألف الطبقة الحساسة (المستحلب) من حبيبات ميكروسكوبية من بروم الفضة (Silver bromide) أو هاليد الفضة التي تصبح بعد تعرضها للضوء أو للأشعة المؤينة ذات لون أسود ولكن دون أن يؤدي ذلك إلى تحديد معالم الصورة التي تدعى بالصورة الكامنة (Latent image)، ويتم تحديد معالم الصورة الكامنة بتحميض الفلم بالشكل الصحيح. إذ تتشكل أولاً الصورة الكامنة ضمن الفلم حيث تتأين حبيبات بروم الفضة بفعل إشعاعات X أو غاما أو الضوء وتصبح الصورة الكامنة بفعل التحميض مرئية حيث تتحول جزيئات بروم الفضة إلى جزيئات الفضة السوداء إذ تساهم كل حبيبة من بروم الفضة تم تعريضها للأشعة في تشكيل الصورة على الفلم بعد التحميض.

محاليل المعالجة الكيميائية للأفلام

يتم بعد تنفيذ التصوير الشعاعي لعينة ما معالجة الأفلام كيميائياً وذلك لتحويل الصورة الكامنة في الفلم إلى صورة يمكن رؤيتها وتقوم المعالجة الكيميائية على إمرار الأفلام عبر المراحل التالية على التوالي:

- الإظهار Development مادتين Development
 - الغسل لإزالة آثار المظهر Rinsing.
 - التثبيت Fixing.مادة حمضية يتم التثبيت على مرحلتين

CLEARING TIME + HARDENING

- الغسل النهائي.

يرتبط معدل الإظهار بكل من الزمن ودرجة الحرارة. ويقدم صانعي سوائل المعالجة الكيميائية علاقة سائل الإظهار بدرجة الحرارة والزمن كما هو مبين في الجدول ١.

| درجة حرارة المظهر (درجة مئوية). | ١٨ | ۲. | 77 | 7 2 | 47 | ۲۸ | ٣. |
|------------------------------------|------------|----|----|-----|----|-----|----|
| زمن الإظهار (دقيقة). |) ~ | 0 | ٤ | ٣.٥ | ٣ | ۲.0 | ۲ |

الجدول ١: علاقة سائل الإظهار بدرجة الحرارة والزمن

طريقة التعامل مع أفلام التصوير الشعاعي

من العوامل اللازمة للحصول على صور شعاعية ذات جودة عالية اتسام المكان الذي يتم فيه التعامل مع الأفلام بحرص شديد.

فمثلاً يسبب الغبار العادي وغبار المواد الكيميائية المختلفة إلى ظهور إشارات غير حقيقية على الفلم. ويسبب ثني الفلم أو طيه أو سقوط أشياء ثقيلة عليه إلى ظهور بقع وإشارات غير حقيقية تؤدي إلى قراءات خاطئة وكذلك يسبب إخراج فلم التصوير من العلبة بسرعة إلى تولد الكهرباء الساكنة نتيجة لاحتكاكه مع الأفلام الملامسة له وبالتالي إلى تعريض الفلم بفعلها المؤين وظهور إشارات داكنة عليه تؤدي أيضاً إلى قراءات خاطئة للأفلام ويبين الشكلين (١٦-١٧) أمثلة عن التحضيرات غير الصحيحة للأفلام.



الشكل ٦٦: إشارات كهرباء ساكنة على صورة شعاعية ناتجة عن تعامل خاطئ مع الفلم



الشكل ١ : أن الكثافة الضعيفة على الصورة الشعاعية هي إشارة انضغاط تدل على تعرض الفلم قبل ١ : أن الكثافة التعريض إلى ضغط ناتج عن سقوط جسم تقيل عليه

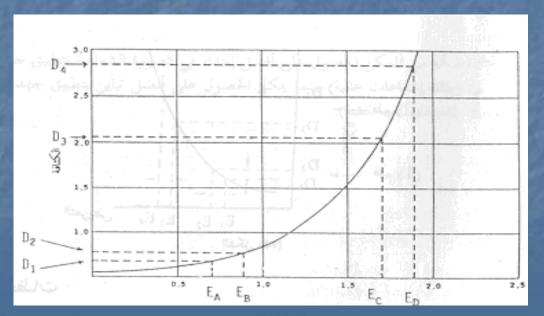
منحنيات خواص الفلم أو منحنيات (H & D)

لما كان من الصعب للعين التمييز بين الاختلافات الصغيرة في الكثافة المتواجدة على الفلم فإن منحنيات خواص الفلم Film characteristic curves أو ما يعرف أيضاً بمنحنيات H&D تجعل من الممكن تحقيق ذلك وذلك ببيان قيمة الكثافة (D) التي تنشأ في الفلم بدلالة التعريض (E).

باستخدام منحنى H&D المبين بالشكل ١٨

لنفترض إنه قد تم تغير تعريض الفلم من E_A إلى E_B نتيجة لتغير ثخانة العينة فيكون التباين الناتج هو الفرق بين الكثافة D1 و D2.

في حالة تعريض الفلم إلى كثافة إشعاعات أعلى فإنه وبسبب اختلاف ثخانة العينة فإن نسبة تعريض الفلم يتغير إلى $E_{\rm D}$ المجال $E_{\rm D}$ و $E_{\rm C}$ و $E_{\rm B}$ و المساوي لمجال التعريض $E_{\rm B}$ و بالتالي فإن الاختلاف في الكثافة يزداد مابين $E_{\rm B}$ و يبين منحني $E_{\rm C}$ للفلم إن قيمة التغير في الكثافة الناتجة عن تغير ثخانة العينات مابين $E_{\rm C}$ و $E_{\rm C}$ هي أكبر من قيمتها مابين $E_{\rm C}$ و $E_{\rm C}$ عند زيادة زمن التعريض أو كثافة الفوتونات الساقطة على العينة.



الشكل ١٨ : منحنى H&D

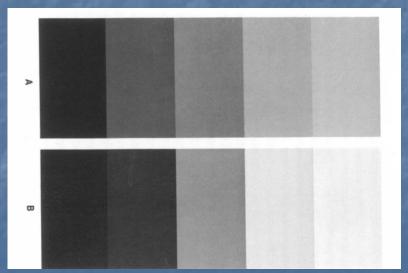
ملاحظات

١- يؤدي الجهد المنخفض المطبق على أنبوبة توليد الأشعة السينية إلى زيادة قيمة كثافة الأشعة المبعثرة والتي تعتبر أحد أسباب عدم الوضوح في الصورة الشعاعية "Fuzziness".

٢- يؤدي رفع الجهد عبر أنبوبة الأشعة السينية إلى نقصاً في التباين وإلى تقليل كثافة الأشعة المبعثرة.

٣- الامتداد Latitude: وهو على العكس من التباين فكلما كانت ألصورة الشعاعية ذات تباين كبير
 تكون ذات امتداد ضعيف والعكس بالعكس.

الامتداد هو المجال من الثخانات التي يمكن تسجيلها بشكل واضح على الفلم كما هو مبين بالشكل ١٩ ومن الملاحظ أنه من الممكن الحصول على أفضل امتداد في الصورة الشعاعية بتطبيق جهد مرتفع نسبياً (طاقة إشعاعات عالية) بينما يمكن الحصول على أفضل تباين بتطبيق جهد منخفض (طاقة إشعاعات منخفضة).



الشكل ١٩: صورتان شعاعيتان الأولى ذات مدى واسع والثانية ذات تباين مرتفع لبلوك متدرج الثخانات

Screens الصفائح

يستخدم في التصوير الشعاعي الصناعي ثلاثة أنواع من الصفائح وذلك لتكثيف أثر حزم الأشعة السينية وأشعة غاما وزيادة فاعليتها وتأثيرها على الأفلام وهذه الصفائح:

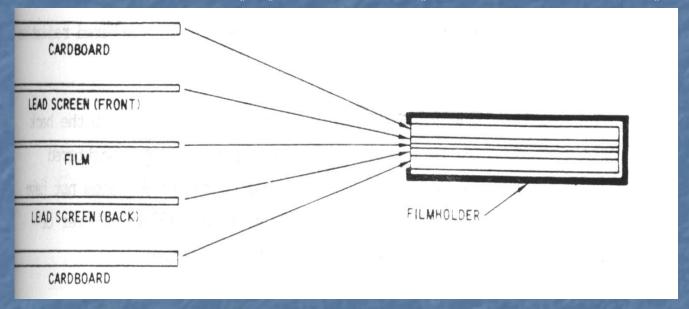
-الصفائح الرصاصية

-الصفائح المتفلورة

- الصفائح المعدنية المتفلورة

الصفائح الرصاصية: Lead Screen

تكون ثخانات الصفائح الرصاصية عادة مابين (٠٠٠٢ - ٠٠٢٠) مم ويتم وضع هذه الصفائح على الوجه الأمامي والوجه الأمامي والوجه الخلفي لفلم التصوير كما هو مبين في المخطط التوضيحي في الشكل ٢٠.

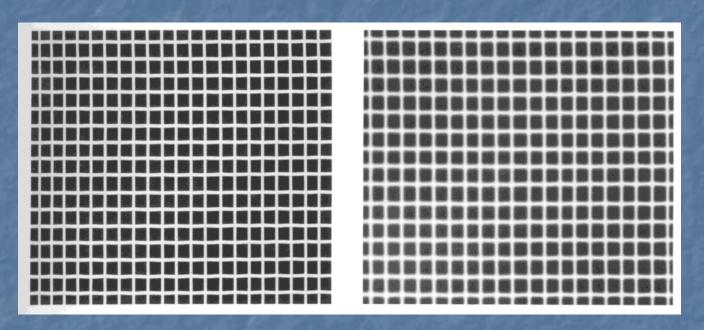


الشكل٢٣ : الصفائح الرصاصية

تتلخص فوائد استخدام الصفائح الرصاصية على الوجه الأمامي لفلم التصوير بما يلي: ١- ترشيح حزمة الأشعة من الفوتونات ذات الطاقة المنخفضية.

٢- تعزيز تأثير الأشعة على الفلم وذلك بتحرير الالكترونات التي تؤثر على مستحلب الطبقة الحساسة لفلم التصوير وتزيد في تعريضها.

أما الفائدة الرئيسية من استخدام الصفائح الرصاصية على الوجه الخلفي لفلم التصوير والتي تختار عادة بثخانة أكبر بقليل من ثخانة الصفيحة المتوضعة على الوجه الأمامي هي حماية الفلم من الأشعة المبعثرة المرتدة عن الجدران الخلفية (Back scatter). يسبب وجود الفراغات بين الفلم والصفائح الرصاصية إلى تشويه الصورة الشعاعية وذلك بسبب انتشار الالكترونات ضمن الفراغات في اتجاهات مختلفة كما هو مبين بالشكل رقم ٢٤

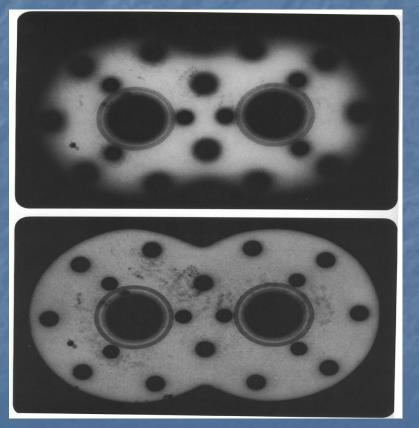


الشكل ٢١: صورة شعاعية ناتجة عند تماس جيد بين الفلم والصفائح الرصاصية وبدون تماس جيد

- تعمل الصفائح الرصاصية بشكل أساسي على تعزيز نسبة الإشعاعات ذات الطاقة العالية وعلى المتصاص الإشعاعات ذات الطاقة المنخفضة إذ يكون عمل الصفائح الرصاصية كصفائح معززة للإشعاعات عند جهود أعلى من ١٥٠Κ٧ كيلو فولت ويكون عملها أقرب إلى مرشح الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة عند جهود أقل من ١٥٠Κ٧ .

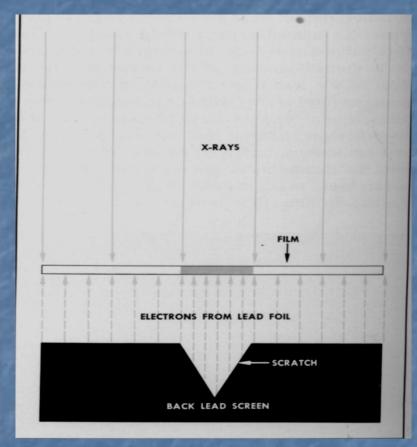
ويبين الشكل ٢٢ صورتان شعاعيتان لعينة معدنية تم التقاطهما عند استخدام صفائح رصاصية وعند عدم

استخدام الصفائح الرصاصية.



الشكل ٢٢: صورتان شعاعيتان لعينة معدنية تم التقاطهما عند استخدام صفائح رصاصية ويدونها

- يجب على الصفائح الرصاصية أن تكون خالية من العيوب كالثقوب والجروح والخدوش والتجعيد إذ تؤدي هذه العيوب إلى ظهور إشارات على الفلم مشابهة لإشارات العيوب في العينات المختبرة وبالتالي ينصح بعدم استخدام صفائح رصاصية حاوية على عيوب أو على أوساخ لا يمكن إزالتها كي لا تؤدي إلى تشكل إشارات غير حقيقية على الفلم كما هو مبين بالشكل ٢٢ والشكل ٢٤



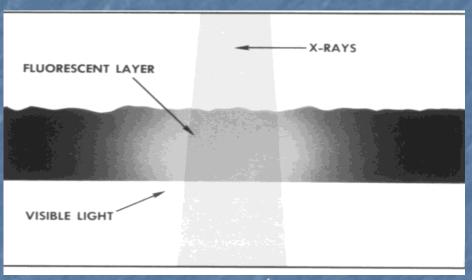
الشكل ٢٣: تشكل إشارة غير حقيقية على فلم التصوير الشعاعي بفعل خدش على الصفيحة الرصاصية



الشكل ٢٤: تشكل إشارات غير حقيقية نتيجة وجود شعر على الصفائح الرصاصية الأمامية والخلفية

الصفائح المتفلورة: Fluorescent Screen

تحتوي الصفائح المتفلورة على مواد كيميائية تعمل على إصدار الضوء عند امتصاصها للأشعة السينية أو أشعة غاما فمن بين المواد الكيميائية المذكورة مركب تتغستات الكالسيوم الذي يقوم بامتصاص الأمواج الكهرطيسية عند أطوال أمواج الأشعة السينية وأشعة غاما ويحرر الطاقة الممتصة لهذه الأمواج عند أطوال أمواج تقع ضمن مجال الضوء المرئي مما يساعد في زيادة تعريض الفلم وتعزيز الصورة الكامنة فيه كما هو مبين في الشكل ٢٥.

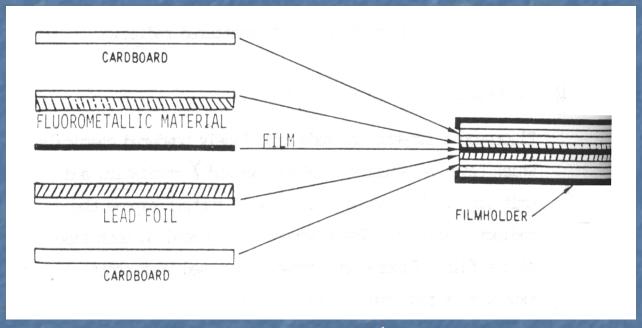


الشكل ٢٥: مبدأ عمل الصفائح المتفلورة

بشكل عام تعطي الصفائح الرصاصية تحديداً أفضل للصورة الشعاعية بالمقارنة مع الصفائح المتفلورة ويكمن السبب الأساسي لتدهور التحديد في الصورة عند استخدام الصفائح المتفلورة في انتشار الضوء المرئي المنبعث من الصفائح المتفلورة بمختلف الجهات. ومع ذلك تعتبر الصفائح المتفلورة ذات فائدة كبيرة عندما تكون مقدرة اختراق الأشعة السينية المتوفرة منخفضة ويُراد تنفيذ التصوير لعينات ذات ثخانات كبيرة نسبياً.

الصفائح المعدنية المتفلورة: Fluorometallic Screen

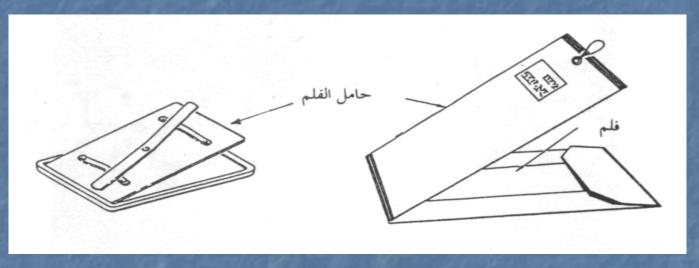
يجمع هذا النوع من الصفائح بين ميزات الصفائح الرصاصية والصفائح المتفلورة إذ تمتص هذه الصفائح الإشعاعات منخفضة الطاقة والمتبعثرة والمرتدة نتيجة وجود طبقة الرصاص الخارجية وتصدر الطبقة الداخلية المتفلورة الضوء المرئي للزيادة في تعريض فلم التصوير الشعاعي يبين الشكل ٢٦ مخطط توضيحي لهذا النوع من الصفائح.



الشكل ٢٦: مبدأ عمل الصفائح المعدنية المتفلورة

حوامل الأفلام المرنة والصلبة: Film Holders and Cassettes

تستخدم حوامل الأفلام المرنة والصلبة عند تحضير فلم التصوير الشعاعي وعند تعريضه للأشعة وتكون هذه الحوامل عاتمة لا تسمح بمرور الضوء المرئي عبرها وتصنع الحوامل المرنة من البلاستيك أو المطاط أما حوامل الأفلام الصلبة فيتم صناعتها من مواد معدنية قاسية بهدف تأمين التماس الجيد مابين الفلم والصفائح الرصاصية كما هو مبين في الشكل ٢٧



الشكل ٢٧: حاملي أفلام مرن وصلب

مؤشرات جودة الخيال Pentameter or Image Quality Indicator

وهي عبارة عن قطع معدنية تستخدم لتحديد جودة الخيال أو حساسية عملية التصوير الشعاعي .

هناك نوعان من مؤشرات جودة الخيال هما:

- النوع الأول: وهو عبارة عن شرائح معدنية رقيقة ذات ثخانات مختلفة مصنوعة من مواد مماثلة للمواد المراد اختبارها ويستخدم هذا النوع في الولايات المتحدة الأمريكية.

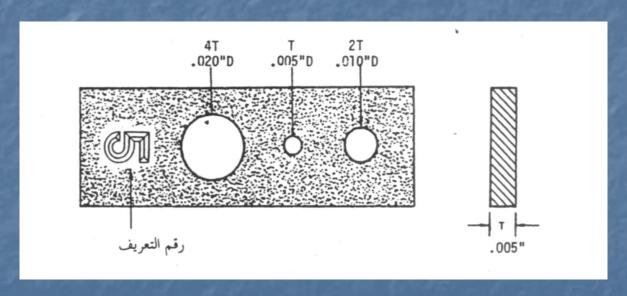
- النوع الثاني: وهو عبارة عن مجموعات من الأسلاك المعدنية المصنوعة من مواد مماثلة للمواد المراد اختبارها ويستخدم هذا النوع في البلدان الأوربية.

مؤشرات جودة الخيال المصنوعة على شكل شرائح معدنية:

تكون هذه الشرائح ذات ثخانة 7% من ثخانة العينة المراد تصويرها وتحتوي كل من هذه الشرائح في إحدى نهايتيها على رقم رصاصي للدلالة على الثخانة مقدرة بأجزاء من الألف من الإنش ويوجد في كل من الكودات الـ ASME والـ ASTM . فمثلاً تستخدم الشريحة المبينة في الشكل ٢٨ لاختبار ثخانة

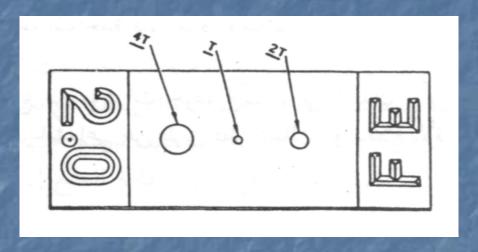
$$\frac{5}{1000}x\frac{100}{2} = \frac{1}{4}$$

إنش من الحديد وذلك لعدم كتابة نوع المعدن على مؤشر جودة الصورة.



الشكل ٢٨ : مؤشر جودة الخيال

وهناك نوع آخر من مؤشرات الجودة ذات شكل خارجي ذو محددات مختلفة كما هو مبين في الشكل ٢٩.



الشكل ٢٩: مؤشر جودة الخيال

يشير الرقم الواقع في أحد طرفي الشريحة إلى ثخانة العينة التي يجب استخدام هذه الشريحة لاختبارها في طريقة التصوير الشعاعي الصناعي ويشير الرمز الموجود على النهاية الأخرى على المادة التي صنعت منها هذه الشريحة وعليه تستخدم الشريحة المبينة لاختبار المواد الحديدية ذات الثخانة ٢ إنش.

يبين الجدول ٢ قيم مستوى الجودة والحساسية بدلالة تخانة الشريحة (T)

| ثخانة الشريحة "T" مقدرة ب % من ثخانة العينة T | الثقوب الممكن رؤيتها | الحساسية الناتجة | مستوى الجودة |
|--|----------------------|------------------|--------------|
| 1 % | 1 T | 0.7 % | 1 - 1 T |
| 1 % | 2 T | 1 % | 1 - 2 T |
| 2 % | 1 T | 1.4 % | 2 - 1T |
| 2 % | 2 T | 2.0 % | 2 - 2 T |

الجدول ٢ مستوى الجودة والحساسية وفق للكود ASME

مؤشرات جودة الخيال المصنوعة على شكل أسلاك معدنية:

يتكون هذا النوع من مؤشرات جودة الصورة من أربعة مجموعات تحتوي كل منها على سبعة أسلاك متوازية وذات أقطار مختلفة تستخدم لتحديد حساسية عملية التصوير الشعاعي للعينات المختلفة المطلوب تصويرها ويبين الجدول ٣ أرقام الأسلاك وأقطارها ورقم المجموعة المتواجدة فيها هذه الأسلاك.

يستخدم هذا النوع من مؤشرات جودة الصورة في البلدان الأوربية وفيه يتم تحديد حساسية عملية التصوير الشعاعي عن طريق قطر السلك ذو المقطع الأقل الذي يمكن رؤيته على الصورة الشعاعية.

Table 1: Wire numbers, diameters and limit deviations
(Dimensions in millimeter)

| Image quality indicator including | | | wire | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---------------------------|------|------------|----------------------------|---------|-------|--|--|
| | | wire number diameter Tole | | Tolerances | centreline spacing a | | | | |
| × | | | | W 1 | 3,20 | | 9,6+8 | | |
| × | | | | W 2 | 2,50 | ± 0,03 | 7.5+0 | | |
| × | | | | w 3 | 2,00 | | 6 +1 | | |
| × | | | | W 4 | 1,60 | | | | |
| × | | | | W 5 | 1,25 | | 1 | | |
| × | × | | | W 6 | 1,00 | ± 0,02 | | | |
| x x | × | | | w 7 0,80 | | } | | | |
| | × | x | | w 8 0,63 | | | 1 | | |
| | × | | | W 9 | 0,50 | | | | |
| | × | × | | W 10 | 0,40 | | | | |
| | × | × | | W 11 | 0,32 | | 5 +1 | | |
| | × | × | | W 12 | 0,25 | ± 0,01 | | | |
| | | × | × | W 13 | 0,20 | | | | |
| | | × | × | W 14 | 0,16 | | 1 | | |
| | | × | × | W 15 | 0,125 | | | | |
| | | × | × | W 16 | 0,100 | | 1 | | |
| | | | × | W 17 | 0,080 | ± 0,005 | | | |
| | | | × | W 18 | 0,063 | | | | |
| | | | × | W 19 | 0,050 | | | | |

 IQI DIN 1-7, IQI DIN 6-12, IQI DIN 10-16, IQI DIN 13-19

 الجدول ٣: مؤشرات جودة الخيال على شكل أسلاك

Table 2: Types of IQI and wire materials used for selected groups of materials

| | e quality dicator | Wire nummber | Wire material | Suitable for test- the following materials |
|----------|------------------------------|---|------------------------|--|
| W W 1 | 1 CU 6 CU 0 CU 3 CU | W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19 | Copper | Copper, zinc, tin and their alloys |
| W 1 | 1 FE 6 FE 0 FE 3 FE | W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19 | Steel (low alloyed) | Ferrous materials |
| | | W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19 | Titanium | Titanium and their alloys |
| ₩ 6 | AL AL AL AL | W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19 | Aluminium | Aluminium and their alloys |

WP5 FE SYR 6FEDIN SMAW X 75

25MM FFD700 160KV 4MA

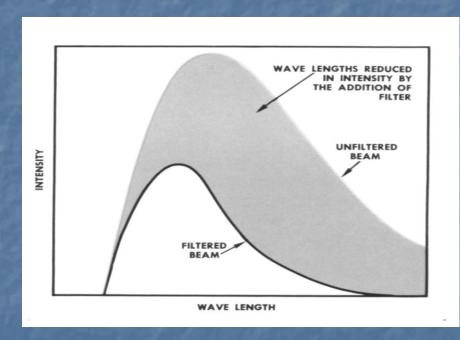
ملاحظات:

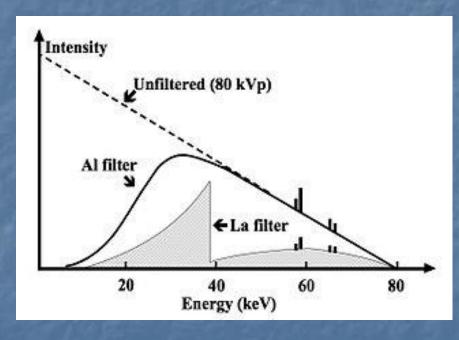
-إذا تطلبت المعايير أن تكون حساسية التصوير الشعاعي ٢% فان هذا يعني بأن ثخانة مؤشر جودة الصورة يجب أن تكون ٢% أو أقل من ذلك بالنسبة للمقطع الأقل ثخانة في العينة وانه عند تحليل الصورة الشعاعية فإن صورة مؤشر جودة الصورة يجب أن تظهر وبوضوح الثقب ذو القطر 2T.

- يطلب بشكل دائم أن يكون ارتفاع الموضع المتواجد تحت مؤشر جودة الصورة مساوياً لارتفاع الموضع المطلوب تصويره ويتطلب لتحقيق ذلك في بعض الحالات استخدام شرائح معدنية (SHIM) مصنوعة من نفس معدن العينة توضع تحت مؤشر جودة الصورة ويطلب دوماً وضع مؤشر جودة الصورة في الجهة المقابلة للمنبع إن لم يكن هناك عائق لتحقيق ذلك.

المرشحات Filters

يستخدم في التصوير الشعاعي الصناعي وبشكل شائع صفائح معدنية ذات عدد ذري مرتفع كالنحاس والفولاذ والرصاص لوضعها في مسار حزمة الأشعة الصادرة عن أنبوبة الأشعة وذلك بهدف امتصاص الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة مما يفيد في خفض نسبة الأشعة المرتدة وإنقاص التباين الناتج عن العينة وبالتالي التمكن من زيادة مجال الثخانات التي يمكن تصوير ها. ويبين الشكل ٣٠ شكل طيف حزمة الأشعة السينية بعد الترشيح.

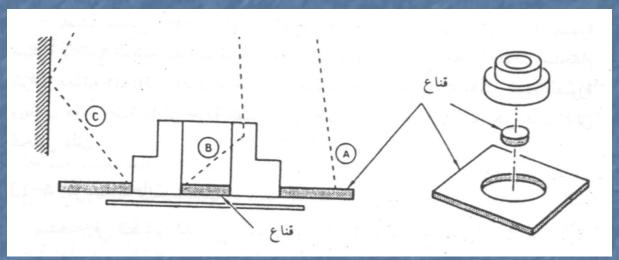




الشكل ٣٠: طيف الأشعة السينية بعد الترشيح

Masking اقتعة الامتصاص

تستخدم أقنعة الامتصاص لخفض أثر الأشعة المرتدة عند تصوير عينات ذات أشكال غير منتظمة وتصنع هذه الأقنعة من مواد ماصة للأشعة على شكل كرات أو صفائح من الرصاص أو الحديد تناسب شكل العينة وتوضع هذه المواد حول العينة وبداخلها كما هو مبين في الشكل ٣١



الشكل ٣١: أقنعة الامتصاص

من مزايا استخدام أقنعة الامتصاص:

۱ – امتصاص الفائض من حزم الأشعة عن مدار العينة والتي من الممكن أن تسبب التبعثر الخارجي مع الأخذ بعين الاعتبار أن الأشعة ذات الطاقة المنخفضة تتبعثر بزاوية أكبر من زاوية تبعثر الأشعة ذات الطاقة العالية حيث يؤدي ذلك إلى زيادة نسبة الضبابية على الفلم.

٢- الإقلال من التبعثر الداخلي.

٣- الإقلال من التبعثر الجانبي.

محددات الحزمة الشعاعية Beam Collimators

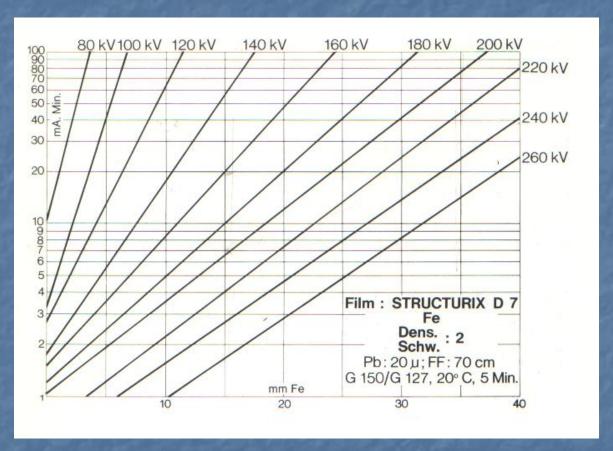
هي قطع معدنية من الرصاص أو اليورانيوم أو التنغستين ذات أشكال مختلفة تثبت على المنبع المشع للحصول على شكل الحزمة الشعاعية المناسبة لتنفيذ التصوير الشعاعي للمكونات المعدنية المراد تصويرها والامتصاص الأشعة الخارجة عن مجال هذه الحزمة.

مخططات تعريض الأفلام للأشعة السينية X-Ray Exposure Charts

تبين هذه المخططات العلاقة مابين ثخانة المادة المراد تصوير ها والجهد المطبق على أنبوبة توليد الأشعة السينية بـ KV والزمن اللازم لتعريض فلم التصوير الشعاعي. ويستخدم كل مخطط تعريض وفقاً لمجموعة الشروط المحددة التالية:

- ١- نوع جهاز توليد الأشعة السينية.
- ٢- المسافة مابين الدريئة والفلم (TFD).
 - ٣- نوع الأفلام المستخدمة.
- ٤- طريقة المعالجة الكيميائية للفلم بعد التعريض.
- ٥- الكثافة التي تم على أساسها رسم منحنيات التعريض.
 - ٦- ثخانة الصفائح الرصاصية الأمامية والخلفية.

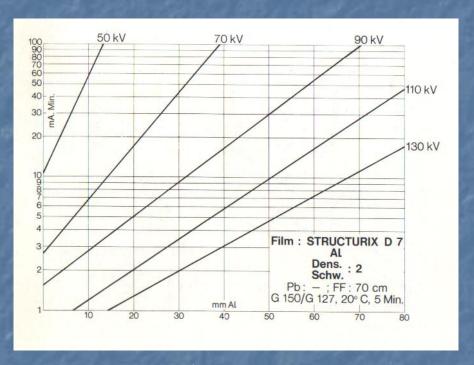
يبين الشكل ٣٢ إحدى مخططات تعريض الأفلام للأشعة السينية وشروط استخدامها.



الشكل ٣٢: مخطط تعريض المكونات الحديدية للأشعة السينية

- تم حساب قيمة التعريض (ميلي أمبير X دقيقة) بمقياس لو غاريتمي بهدف إنقاص المسافة العامودية اللازمة لمخطط التعريض على محور الترتيب.

يبين الشكل ٣٣ مخطط تعريض مكونات الألمنيوم للأشعة السينية

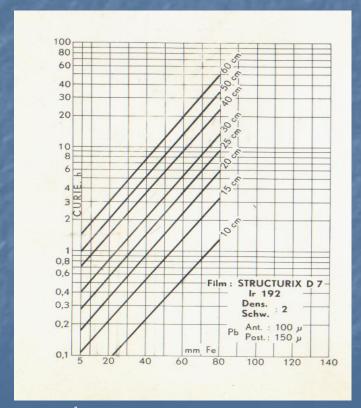


الشكل ٣٣: مخطط تعريض مكونات الألمنيوم للأشعة السينية

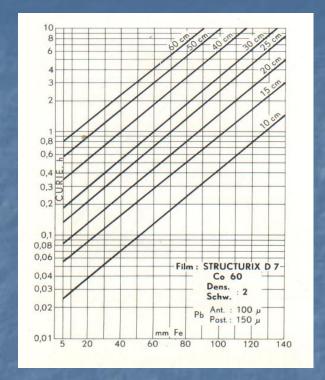
مثال: يتطلب تصوير عينة من معدن الألمنيوم ذات ثخانة [mm] ٥٠ تطبيق جهد [Kv] ٩٠ زمن تعريض مقداره [mA .min] ٣٠.

γ-Ray Exposure Charts مخططات تعريض الأفلام لأشعة غاما

نظراً لأن طاقة فوتونات منبع مشع ما كالإيريديوم-١٩٢ ثابتة القيمة ومن غير الممكن التحكم بها سواءً بالزيادة أو بالنقصان فإن مخططات تعريض الأفلام لفوتونات النظير المشع هي أبسط مما هي عليه في بطاقات تعريض الأفلام للأشعة السينية ويبين الشكل ٣٤ والشكل ٣٥ مخططات التعريض لمنبع الإيريديوم-١٩٢ ولمنع الكوبالت-٦٠ حيث تم تدريج محور الفواصل بثخانة عينات الحديد المراد تصويرها مقدرة باله [mm] وتم تدريج محور التراتيب بوحدة اله [Ci.h]. وذلك من أجل مسافات مختلفة مابين المنبع المشع وفلم التصوير.



الشكل ٣٤: مخطط تعريض المكونات الحديدية لأشعة الإيريديوم



الشكل ٣٥: مخطط تعريض المكونات الحديدية لأشعة الكوبالت

من الجدير بالذكر أنه لاستخدام بطاقات التعريض لأشعة غاما لابد للقائم على التصوير من معرفة نشاط المنبع المشع الذي يستخدمه عند قيامه بالتصوير، إذ يتعلق نشاط النظير المشع في لحظة ما بقيمة نشاط هذا المنبع عند الصنع وبقيمة عمر النصف له. ولسهولة معرفة قيمة النشاط الشعاعي للنظائر المشعة المستخدمة في التصوير الشعاعي الصناعي تقوم الجهة الصانعة لهذه النظائر بتقديم جدول الاضمحلال أو منحني الاضمحلال لهذه النظائر مبيناً عليها نشاط المنبع عند البداية ونشاطه في أي فترة زمنية واقعة ضمن مجال الاستثمار الفعلى له.

مثال: باستخدام مخطط التعريض المعطى في الشكل ٣٤ أوجد زمن التعريض اللازم لتصوير عينة من الفولاذ ذات ثخانة [mm] 50 ميلي متر وذلك باستخدام أفلام من نوع D7 ومنبع مشع من نوع كوبالت - ٦٠ ذو نشاط [Ci] ٦٠ كوري علماً بأن كثافة الصورة الشعاعية المطلوبة هي ٢ وأن المسافة مابين المنبع المشع والعينة المراد تصوير ها هي [cm] ٦٠.

الحل: من مخطط التعريض نجد أن قيمة جداء وحدة نشاط المنبع في الزمن على محور التراكيب وعند مسافة ٢٠ cm هو [Ci.h] ٣ كوري x ساعة

وبالتالي فإن الزمن اللازم لتعريض عينة الفولاذ لأشعة منبع الكوبالت للحصول على كثافة صورة شعاعية مقدارها ٢ هو ٣ دقائق.

حساب المسافة مابين المنبع المشع وأفلام التصوير الشعاعي:

لما كان من الضروري الحصول على صورة شعاعية ذات خيال مشابه تماماً لشكل العينة دون تشويه للاستفادة منها في تحديد العيوب الداخلية وأبعادها وبالتالي في اتخاذ القرار بقبول أو رفض المادة المختبرة وفقاً للمواصفات والمعايير المطبقة، فقد حددت قواعد تنفيذ التصوير الشعاعي الصناعي مقدار التشوه الأعظمي المسموح لخيال العينة في الصورة الشعاعية.

تعد المسافة مابين المنبع المشع وفلم التصوير عاملاً حاسماً في التحكم بمقدار وقيمة تشوه خيال العينة في الصورة الشعاعية سواء في الزيادة أو في النقصان إذ يمكن لعين الإنسان تحديد ورؤية ما مقداره ٢٠.٠ إنش أو ما يساوي تقريباً إلى mm من شبه الظل (Penumbra) وبوضوح وتؤدي قيم شبه الظل التي تزيد عن هذه القيمة إلى انخفاض في جودة تنفيذ الصورة الشعاعية وبالتالي إلى رفض هذه الصورة واعتبار أن المحددات الهندسية التي تم حسابها لتنفيذ الصورة الشعاعية للعينة غير صحيحة.

تتطلب بعض التطبيقات عدم تجاوز شبه الظل في الصورة الشعاعية عن قيمة ٠٠٠٠ إنش أو ,٢٥ mm ،٢٥ mm ومن هنا لابد من معرفة العوامل التي تؤثر على قيمة شبه الظل أو عدم الدقة الهندسي.

ترتبط قيمة عدم الدقة الهندسي أو شبه الظل Ug بمقدار المسافة مابين المنبع المشع والعينة وبثخانة العينة والعينة والعينة والعينة والعينة والعينة والعينة والمعادلة التالية:

$$Ug = \frac{F.t}{do}$$

(do): المسافة ما بين المنبع والعينة

(t) : ثخانة العينة

حيث:

(F) : البعد الفعال للمنبع المشع

وبإعادة كتابة المعادلة وباعتبار أن قيمة شبه الظل المسموح بها هي "Ug = 0.02 أو . م. • mm فإنه يمكن دوماً إيجاد المسافة الأصغرية المسموح بها مابين المنبع المشع وفلم التصوير . بالانش أو بالمم:

$$D = \frac{F.t}{0.02} + t$$

$$D = \frac{F.t}{0.5} + t$$

مثال: يطلب تصوير عينة معدنية من الفولاذ ذات ثخانة ٥٠.٤ ميلمتر وذلك باستخدام مصدر مشع ذو بعد فعال ٣,٢ ملم وعلى أن لا يزيد مقدار شبه الظل في الصورة الشعاعية عن القيمة ٥٠٠ ميلمتر.

$$D = \frac{F.t}{0.5} + t$$

$$= \frac{3.2.50.4}{0.5} + 50.4 = 373 \text{mm}$$

أي لكي لا تزيد قيمة شبه الظل عن ٠٠٠ ميلمتر يجب أن لا نقل المسافة مابين المنبع المشع وفلم التصوير عن ٣٧٣ ميلمتر.

عامل التعريض المكافئ للمعادن

الجدول ٥: عامل التعريض المكافئ للمعادن

| | أشعة غاما | 31 | أشعة سينية (Kv) | | | | | المعدن | | |
|-------|-----------|--------|-----------------|------|------|------|------|--------|---------|-----------|
| C0-60 | Ce-137 | Ir-122 | 2000 | 1000 | 400 | 220 | 150 | 100 | 50 | |
| 0.22 | 0.22 | 0.22 | | 5 | 7/5 | 0.08 | 0.05 | 0.6 | 0.6 | منغنزيوم |
| 0.361 | 0.34 | 0.34 | 3000 | | 7/12 | 0.18 | 0.12 | 1.0 | 1.0 | ألمنيوم |
| 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.71 | 0.71 | 0.63 | 8.0 | 1773 | تيتانيوم |
| 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 12.0 | 10 Y | حدید |
| 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 18.0 | 9 | نحاس |
| 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 27 | 1 | توتياء |
| 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | | st// 55 | نحاس أصفر |
| 2.3 | 3.2 | 4.0 | 2.5 | 5.0 | 1 | 12.0 | 14.0 | W. W. | 6986 | رصاص |

الكثافة الضوئية للصورة الشعاعية (Radiography Density):

تعرف الكثافة الضوئية بأنها درجة اسوداد الفلم بعد المعالجة الكيميائية، فكلما ازدادت درجة اسوداد الفلم كلما كانت كثافته أعلى يبين الشكل ٣٥ فلم تصوير شعاعي ذو كثافة ضوئية مقدارها ٢.

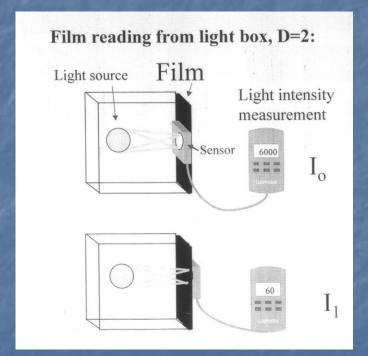
تعطى الكثافة بالعلاقة:

$$D = \log \frac{I_0}{I_t}$$

حيث:

I0 = كثافة الفوتونات الضوئية الواردة على الصورة الشعاعية.

It = كثافة الفوتونات الضوئية النافذة من الصورة الشعاعية.



الشكل ٣٥: فلم تصوير شعاعي ذو كثافة ضوئية مقدارها ٢

تقاس كثافة الفلم إما بالمقارنة مع فلم تصوير شعاعي معياري ذو كثافات متدرجة محددة

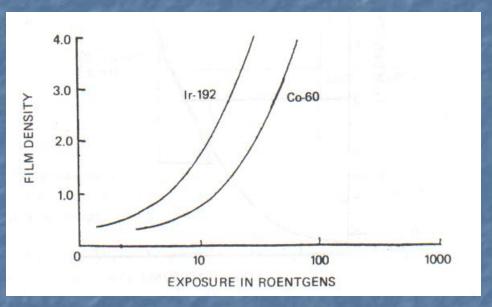
أو

بواسطة مقياس كثافة ضوئية ذو خلية كهرضوئية تتحسس وتقيس مقدار الفوتونات الضوئية النافذة من فلم التصوير من خلال قياس شدة التيار بمقياس ميكرو أمبير مدرج بوحدات الكثافة. ويسمح هذا الجهاز بتجنب الخطأ البصري الناتج من قراءة الكثافة بالمقارنة وكذلك يسمح بقراءة مجال واسع من الكثافة.

سرعة الفلم (Film Speed):

تعرف سرعة الفلم بأنها الجرعة الكلية مقدرة بالرونتجن لطيف أشعة محدد ينتج كثافة محددة على الفلم مثلاً (٢).

تتعلق سرعة الفلم بحجم الحبيبات وطاقة الأشعة. وبشكل عام كلما كانت الحبيبات أكبر كان الفلم أسرع وتنخفض سرعة الفلم كلما كانت طاقة الأشعة أكبر كما هو مبين في الشكل ٣٦



الشكل ٣٦: انخفاض سرعة الفلم مع ارتفاع طاقة فوتونات الأشعة

سرعة الأفلام

تنتج الشركات المصنعة لأفلام التصوير أنواع عديدة من أفلام التصوير الشعاعي منها السريعة ومنها متوسطة السرعة ومنها البطيئة لتلبية متطلبات حاجة الصناعة ومتطلبات تصوير العينات وفقاً للكودات.

تأثير زمن الإظهار على السرعة والتباين:

تؤدي زيادة زمن الإظهار عن الزمن المحدد من قبل الصانع إلى:

- زيادة ضبابية الفلم
- زيادة سرعة الفلم.
 - -زيادة كثافة الفلم.

وبالتالي يجب التقيد بزمن الإظهار الموصى به من قبل منتج الأفلام.