تجهيزات التصوير الشعاعى بالاشعة السينية

الفيزيائي : حميد الذياب
مرخص مستوى ثالث تصوير شعاعي صناعي

ينفذ التصوير الشعاعي الصناعي عادة باستخدام

- تجهيزات الأشعة السينية
- تجهيزات أشعة غاما

وفيما يلي شرح التجهيزات التصوير الصناعي بالأشعة السينية.

مقدمة:

تتولد الاشعة السينية عندما تتخلى الالكترونات الحرة المسرعة بفعل حقل كهربائي عن جزء او كل طاقتها بنتيجة اصطدامها بمقابل المهبط حيث تتفاعل مع الالكترونات المدارية للذرات في طريقها او تتغير مساراتها بنتيجة اقترابها من نوى الذرات.

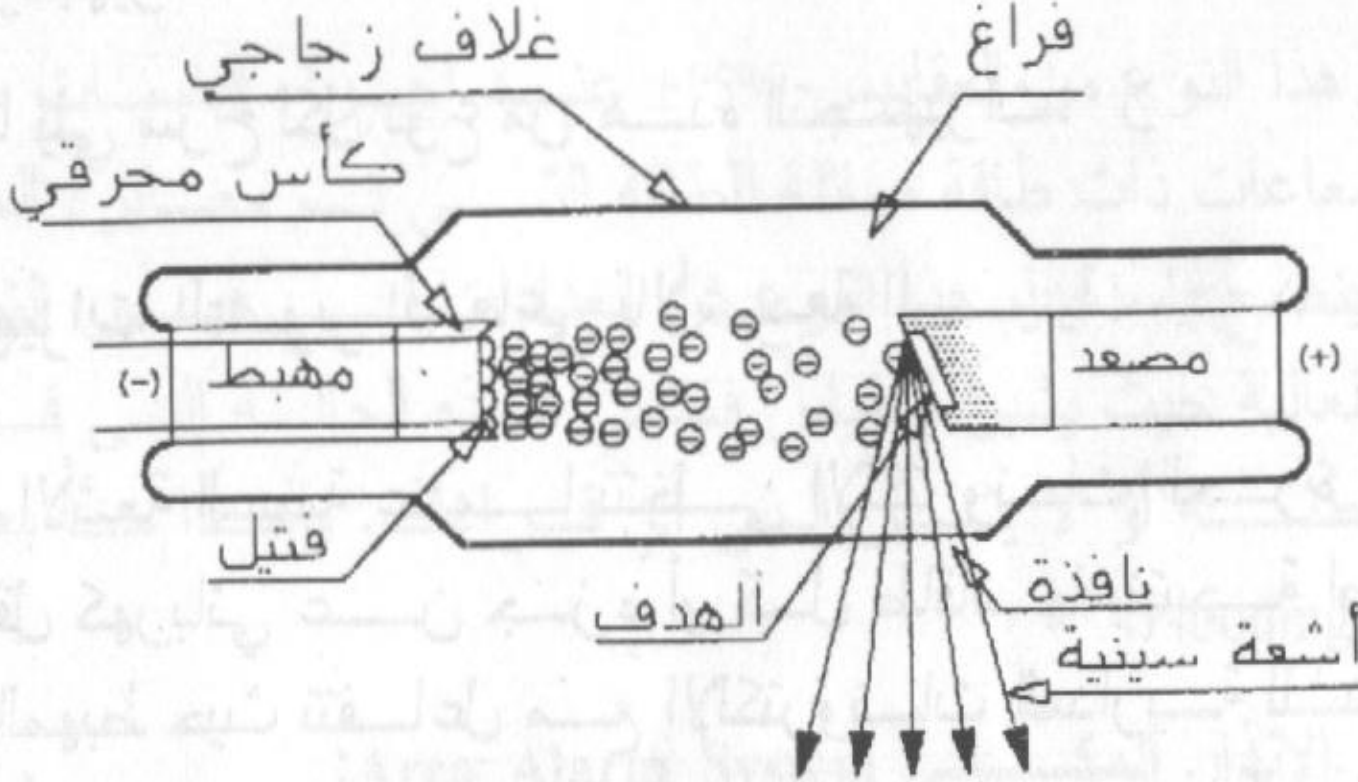
ويتألف جهاز توليد الاشعة السينية بشكل رئيسي من الانبوبة الرئيسية المولدة للاشعة ومن لوحة التحكم وكابلات التوصيل.

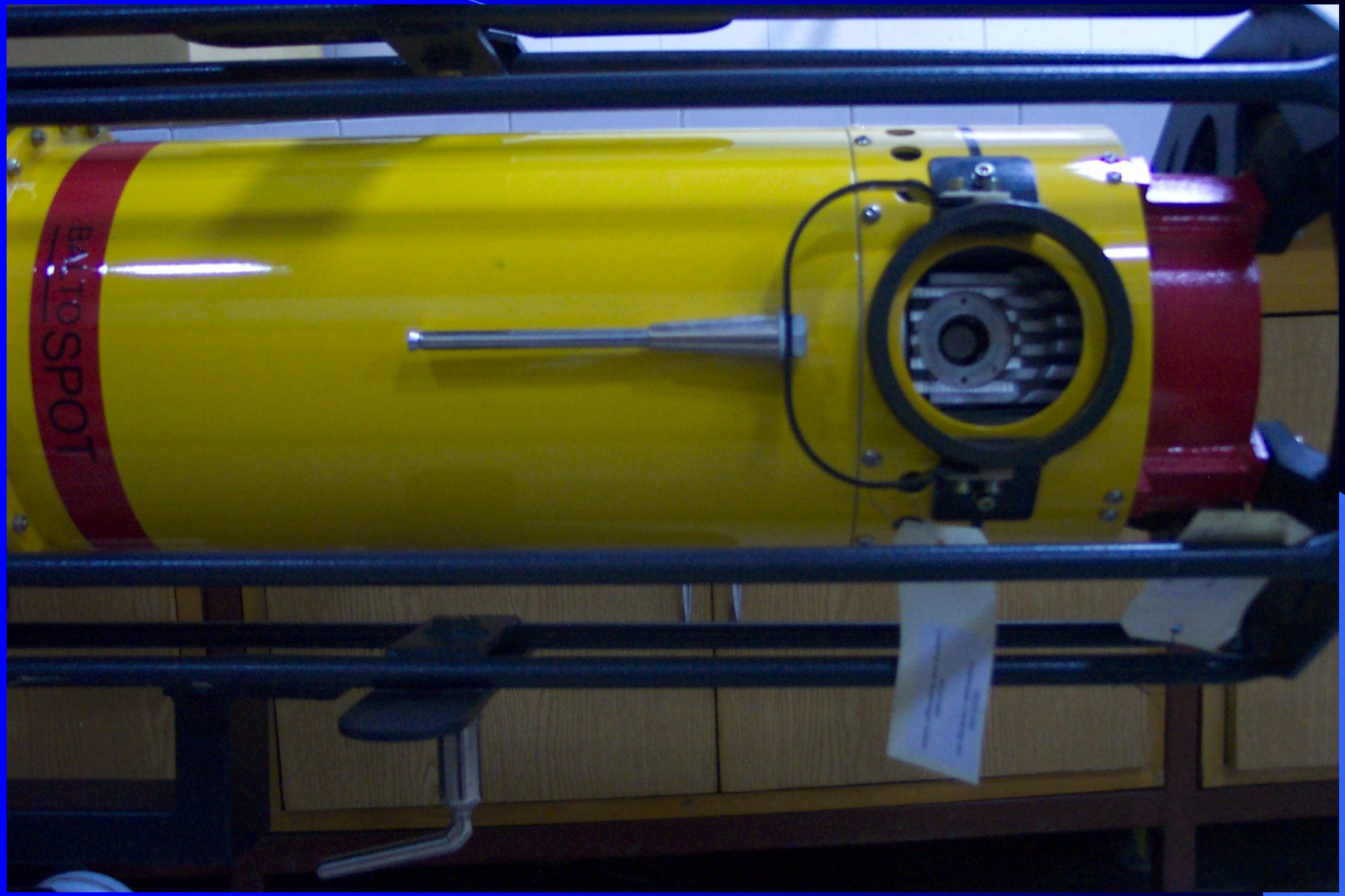
انبوبة توليد الاشعة السينية(X-Ray Tube):

تتألف انبوبة توليد الاشعة السينية المتنقلة من غلاف معدني مبطن بدرع رصاصي ذي نافذة تصدر منها الاشعة ويحتوي الغلاف المعدني في داخله على انبوبة توليد الاشعة السينية ومحولات الجهد العالي والفتيل ودارة تبديد الحرارة والدرع الرصاصي الداخلي.

بينما يحتوي الغلاف المعدني في الاجهزة المخبرية الثابتة على جميع عناصر الجهاز المتنقل باستثناء محولات الجهد التي توضع في وحدة منفصلة وفيما يلي شرح لاهم اجزاء انبوبة توليد الاشعة السينية والوظائف المنوطة بكل منها:

الشكل (4-1): أنبوبة توليد الأشعة السينية




BAT TO SPOT

تتألف أنبوبة الاشعة السينية كما هو مبين في الشكل السابق من غلاف الانبوبة وقطبين :مهبط ومصعد.

غلاف الأنبوبة(Tube Envelope): ويصنع عادة من الزجاج او السيراميك القادر على تحمل درجات الحرارة العالية كما يكون الغلاف المذكور قادرا ايضا على تحمل قوى الضغط في الانبوبة نتيجة لتفريغه من الهواء وذلك لتفادي الانفراغ الكهربائي واكسدة مادة الاقطاب والحفاظ على التزايد المنتظم في طاقة الالكترونات المسرعة حتى وصولها الى الهدف.

يطبق فرق الجهد الكهربائى اللازم لتسريع الالكترونات ما بين مصعد ومهبط الانبوبة مع استخدام مواد عازلة قادرة على تحمل الحرارة العالية والضغط المنخفض والجهد الكهربائي المطبق عليها.

المهبط (Cathode):

يصنع المهبط عادة من الحديد والنيكل النقيين وهو يتألف من الكأس البؤري والفتيل.

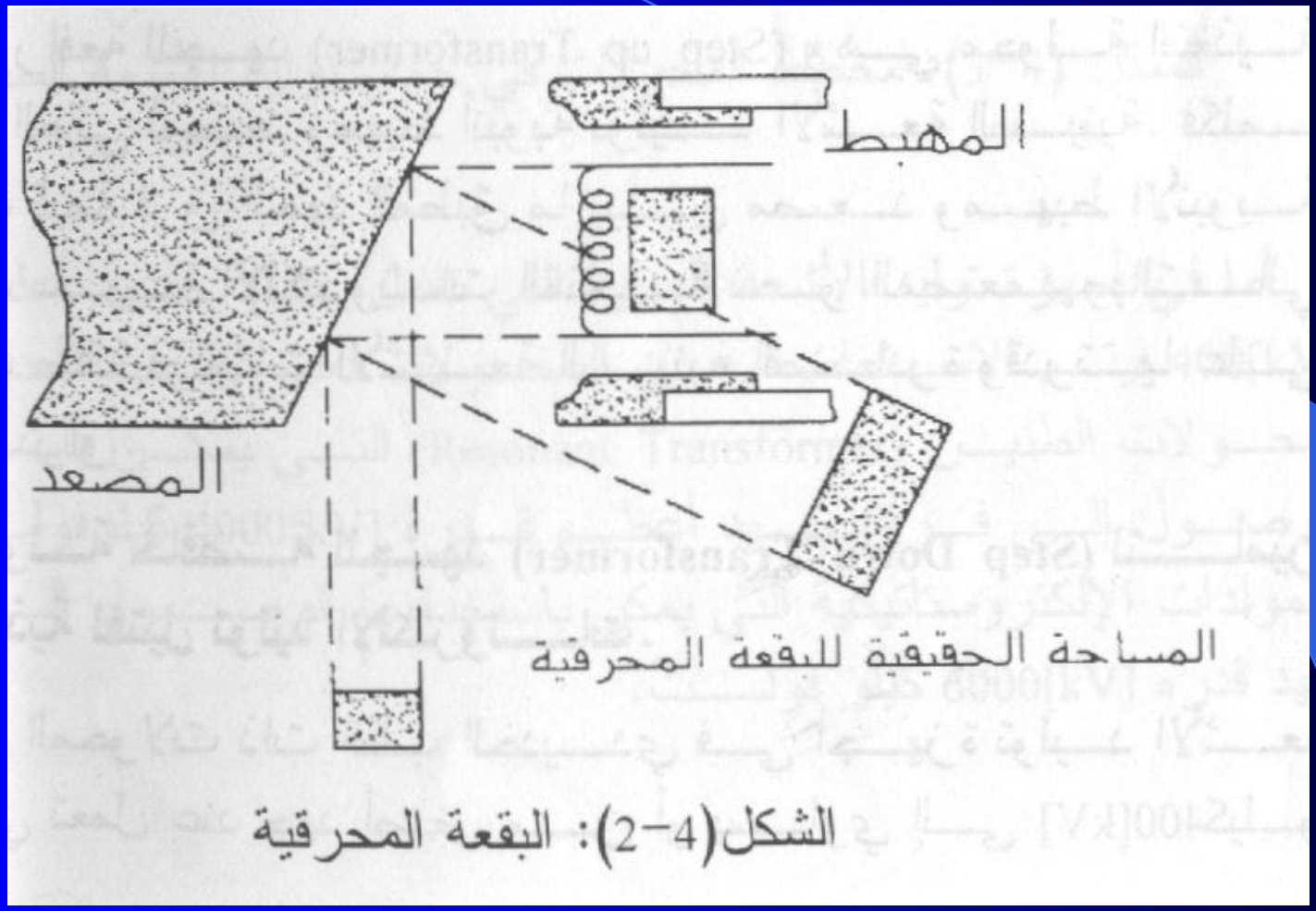
يعمل الكأس البؤري كعدسة الكتروستاتكية توجه الالكترونات على هيئة شعاع باتجاه المصعد . أما الفتيل فيتم صناعته من سلك التنغستن ذو مواصفات كهربائية وحرارية مناسبة إذ يصدر فتيل التنغستن الالكترونات عند تسخينه الى درجة حرارة عاليه بفعل مرور تيار كهربائي فيه ويزداد معدل الالكترونات المتحررة منه مع ازدياد التسخين (ازدياد قيمة التيار المار في الفتيل) ويتم التحكم بقيمة الإلكترونات المتحررة عن طريق التحكم بقيمة التيار المار في الفتيل وذلك بواسطة محولة كهربائية مخصصة لهذه الغاية.ويحدد شكل الكأس البؤري وطريقة توضع الفتيل فيه ابعاد حزمة الإلكترونات ومكان سقوطها على الهدف حيث تصدر الاشعة السينية.

المصعد Anode:

يصنع المصعد عادة من النحاس ويوضع ضمنه قطعة من التنغستن تشكل الهدف (البقعة البؤرية)، موضع اصطدام الإلكترونات المسرعة ، ويعتبر النحاس و التنغستن من أفضل المعادن لتشكيل المصعد وذلك لامتياز النحاس بناقليته الكهربائية والحرارية العاليتين وامتياز التنغستن بتحمله لدرجات الحرارة العالية المرافقة لعملية توليد الأشعة دون حدوث أي تخريب لجسم المصعد.

البقعة البؤرية (Focal Spot):

يرتبط وضوح الصورة الشعاعية بمساحة البقعة المحرقية إذ يتم في غالبية أنابيب الاشعة السينية تركيز حزمة الالكترونات لتصطدم بالهدف ضمن مساحة صغيرة الابعاد ما امكن ، ويشكل الهدف ضمن الانبوبة مع محورها زاوية كما هو مبين في الشكل الا انه لا يمكن تصغير البقعة المحرقية عن حد معين وذلك لتفادي تخريب الهدف من جراء التسخين الناتج عن اصطدام الالكترونات السريعة به .



الشكل(4-2): البقعة المحرقية

تبديد الحرارة(Heat Disipation):

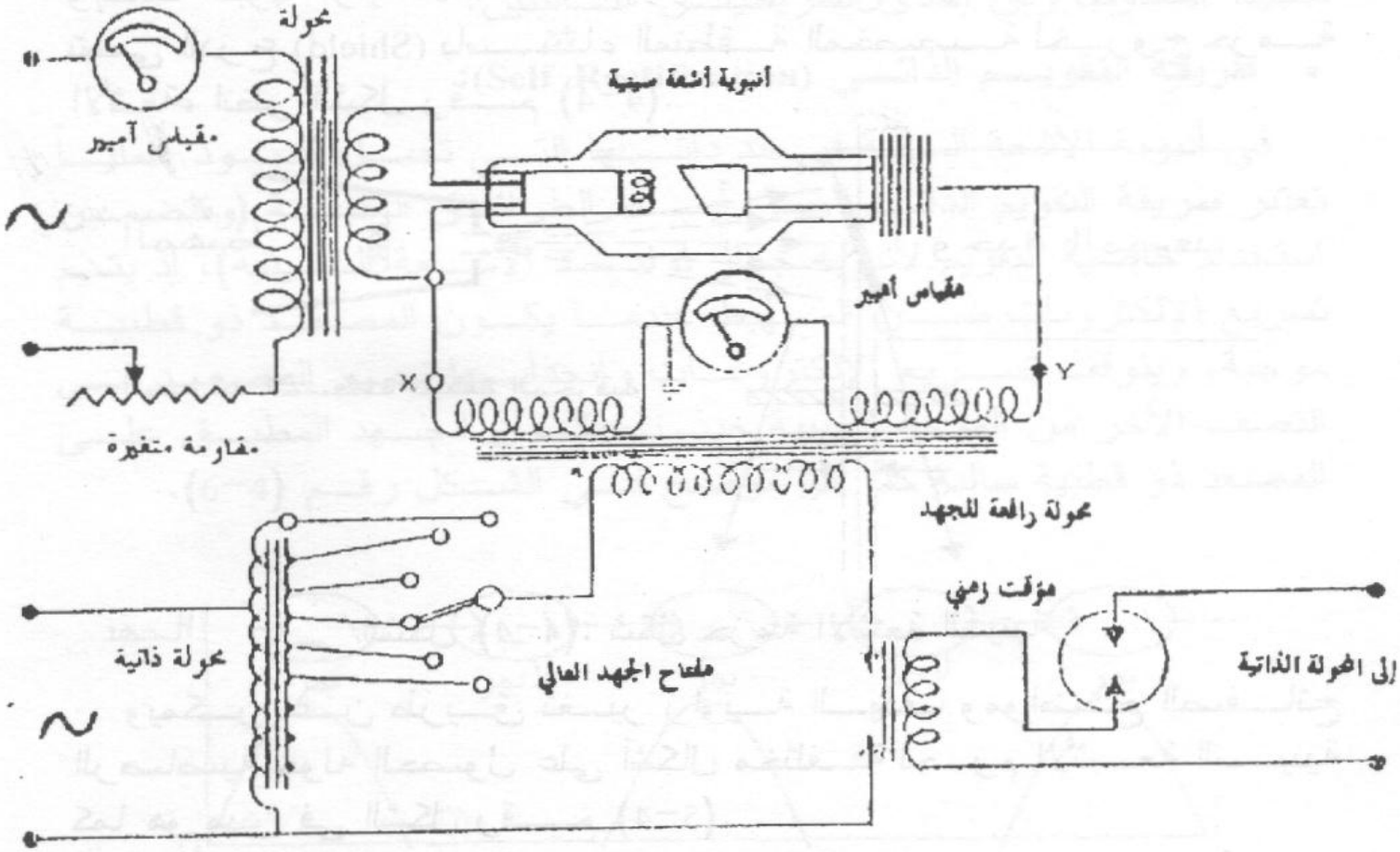
ان عملية توليد الاشعة السينية على العموم هي عملية ذات مردود منخفض حيث تتحول الطاقة الحركية لغالبية الالكترونات المسرعة عند اصطدامها بالهدف الى طاقة حرارية وهذه تؤدي الى رفع درجة حرارة الهدف والمصعد الى درجة حرارة عالية.

ولتجنب تخريب مادة الهدف والمصعد فبالاجهزة منخفضة الاستطاعة يتم تبديد الحرارة عن طريق مشع ذو شفرات موصول بمادة ناقلة حراريا الى مصعد الانبوبة يبرد عن طريق تدفق الزيت او الغاز حول اسطح شفراته ،اما التبريد في الاجهزة عالية الاستطاعة فيجري باستمرار تدفق سائل التبريد (ماء او زيت) حول المصعد.

محولات الجهد (Transformers):

المحولة كما هو معروف هي وسيلة تستخدم لرفع او خفض قيمة الجهد الكهربائي المتناوب المطبق علبى احدى وشيعتيها وذلك بهدف الحصول على الجهد المرغوب به على طرفها الاخر ،وتحتوي غالبية اجهزة توليد الاشعة السينية على ثلاث محولات ذات قلب حديدي وهي:

- **محولة ذاتية(Auto transformer)** لتغذية محولة الجهد العالي ومحولة فتيل توليد الالكترونات بالجهد .
- **محولة رافعة للجهد** (Step up Transformer) وهي محولة التغذية بالجهد العالي لمصعد ومهبط انبوبة توليد الاشعة السينية .فكلما ازدادت قيمة فرق الجهد المطبق ما بين مصعد ومهبط الانبوبة ازدادت سرعة الالكترونات المتجهة الى المصعد وبالتالي ازدادت طاقة الفوتونات الصادرة وقدرتها على الاختراق



الشكل (4–3): مخطط المحولات في جهاز توليد الأشعة السينية

محولة خافضة للجهد (Step down Transformer):

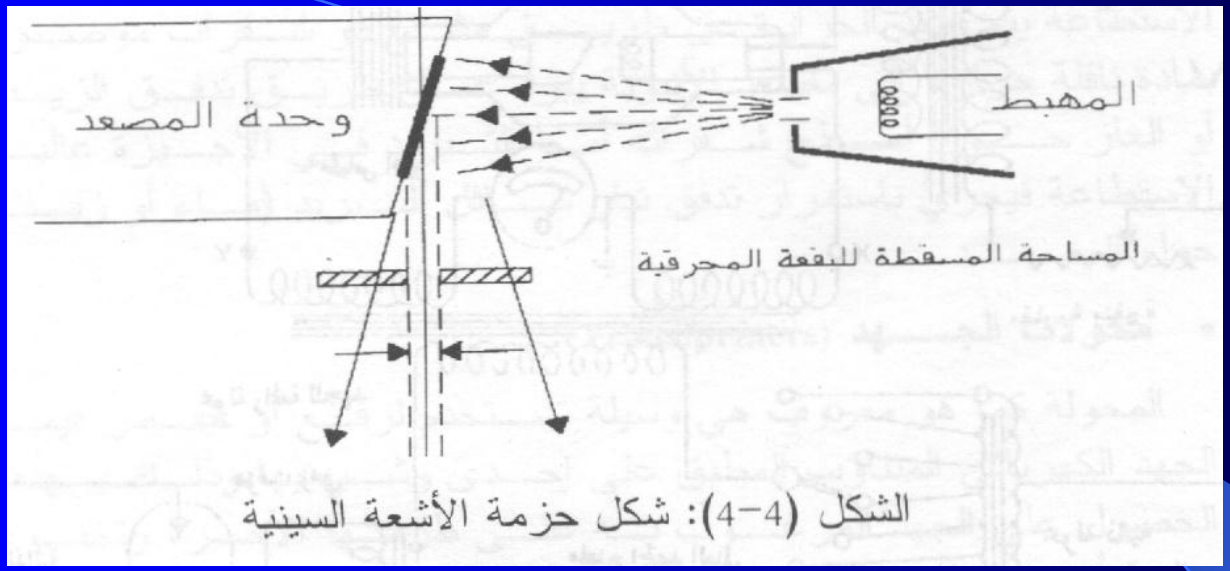
وهي لتأمين التغذية لفتيل توليد الالكترونات. وتستخدم المحولات ذات القلب الحديدي في اجهزة توليد الاشعة السينية التي تعمل عند جهد أصغر من او يساوي 400kv ويبين الشكل التالي المحولات الموجودة في احد اجهزة توليد الاشعة السينية شائعة الاستخدام.

اما في اجهزة توليد الاشعة السينية التي تعمل عند جهد اعلى من 400kV فيتم الاستعاضة عن المحولات ذات القلب الحديد بمحولات الطنين (Resonant Transformsr) التي يمكن باستخدامها الوصول الى فرق جهد اعظم يصل الى 4000kv او بالمولدات الالكتروستاتيكية التي يمكن باستخدامها الوصول الى فرق جهد قدره 6000kv .

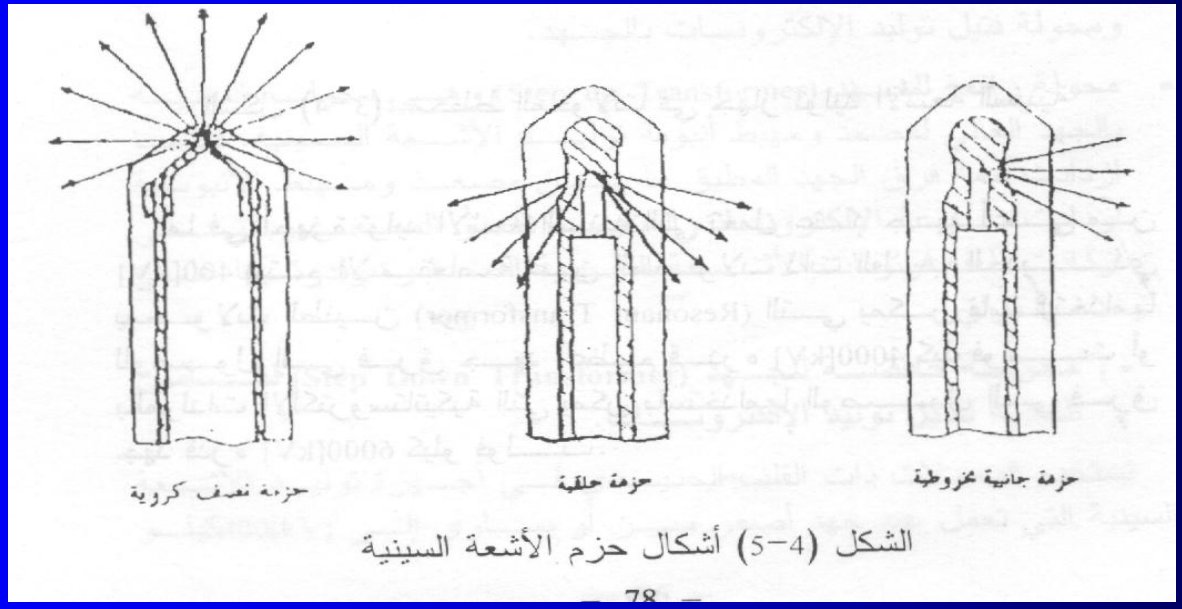
شكل حزمة الاشعة السينية(X-Ray Beam Configuration):

تصدر الأشعة السينية عن الهدف في كافة الاتجاهات ويمكن تركيزها في اتجاه محدد بوضع الهدف ضمن المصعد بزاوية محددة وإحاطة انبوبة توليد الاشعة السينية بصفائح ثخينة من الرصاص تسمى الدرع(sheild) باستثناء المنطقة المخصصة لخروج حزمة الاشعة كما في الشكل المبين في الشكل (٤-٤)

ويمكن عن طريق تغير زاوية الهدف ومواضع الصفائح الرصاصية حوله الحصول على اشكال مختلفة لحزم الاشعة السينية كما هو مبين في الشكل (٤-٥)



الشكل (4–4): شكل حزمة الأشعة السينية



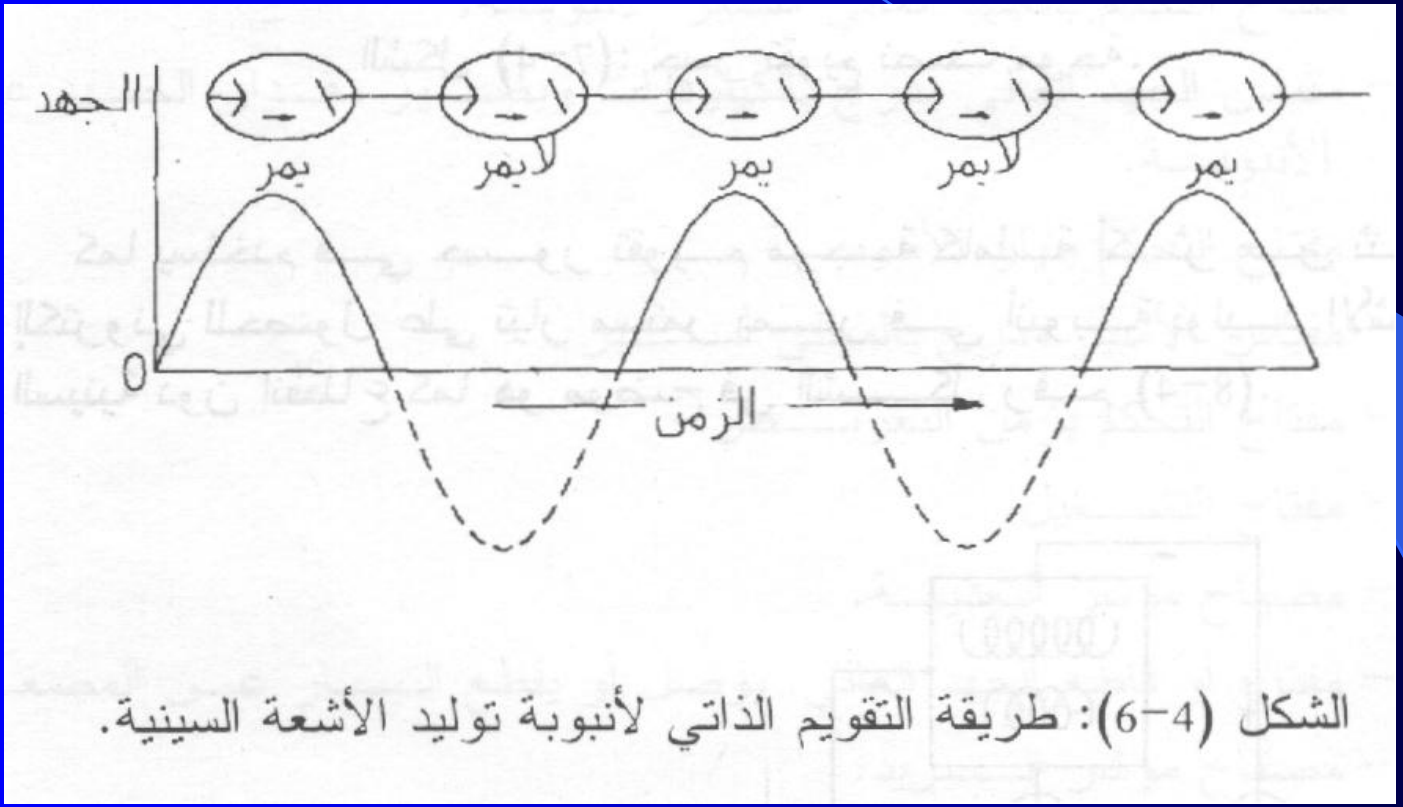
الشكل (4–5) أشكال حزم الأشعة السينية

تقويم التيار المتناوب (Alternating Current Rectification):

يتم في اجهزة توليد الاشعة السينية تحويل الجهد المتناوب للطرف الثانوي لمحولة الجهد العالي الى جهد مستمر وذلك بتقويم الجهد المتناوب وفق احدى الطريقتين التاليتين:

- **طريقة التقويم الذاتي :**

في انبوبة الاشعة السينية في حد ذاتها اللتي تعمل كديود عمليا تعتبر طريقة التقويم الذاتي من ابسط الطرائق المتبعة (وتتضمن استخدام خاصية التقويم لانبوبة جهاز توليد الاشعة السينية)،إذ يتم تسريع الالكترونات من المهبط عندما يكون المصعد ذو قطبية موجبة ،ويتوقف تسريع الالكترونات وانجذابها نحو المصعد في حال النصف الاخر من الموجة الجيبية حيث يكون الجهد المطبق على المصعد ذو قطبية سالبة كما هو موضح في الشكل (٤-٦)

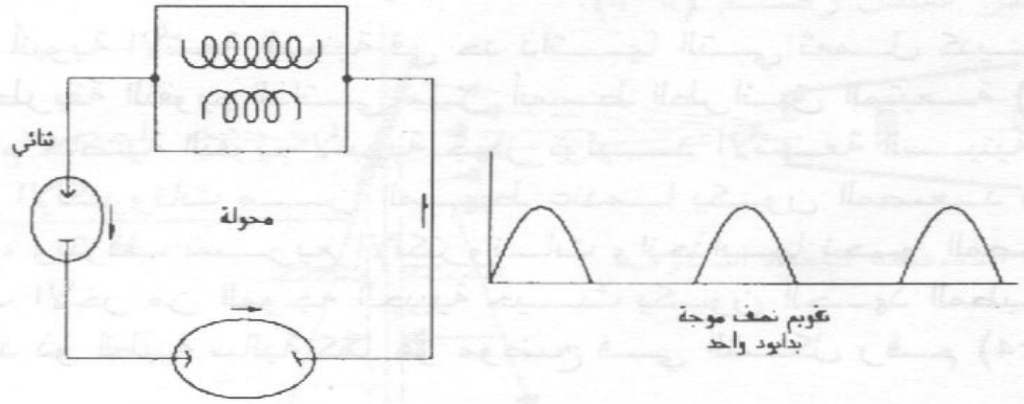


الشكل (4–6): طريقة التقويم الذاتي لأنبوبة توليد الأشعة السينية.

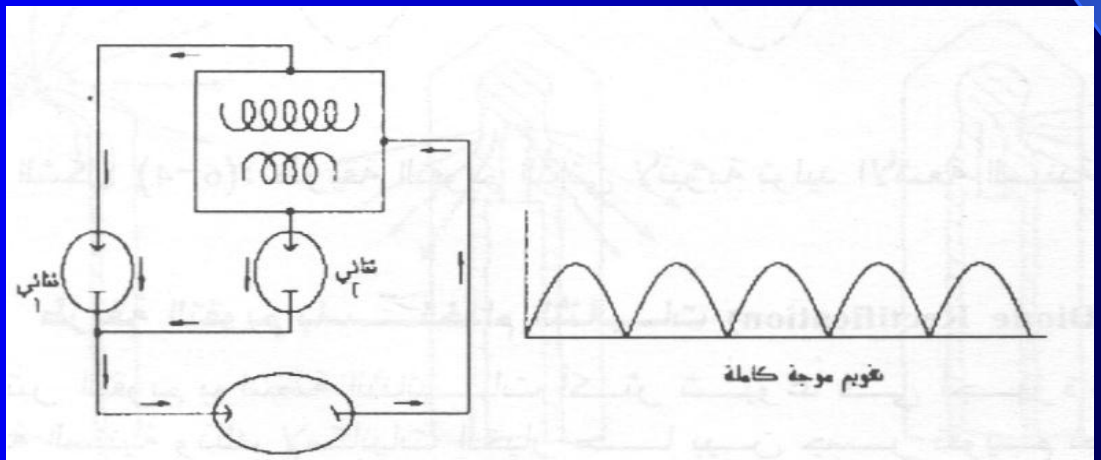
طريقة التقويم باستخدام الثنائيات (Diod Rectification):

يعتبر التقويم بواسطة الثنائيات أكثر شيوعا في اجهزة توليد الاشعة السينية وذلك لامكانيات الخيار ما بين جسر تقويم نصف موجة وجسر تقويم موجة كاملة . يستخدم في جسر تقويم نصف موجة ثنائي الكتروني يسمح بمرور نصف الموجة الموجب لتغذية انبوبة توليد الاشعة السينية ويمنع مرور النصف السالب من الموجة الجيبية كما هو موضح في الشكل ٤-٧

كما يستخدم في جسور تقويم موجة كاملة اكثر من ثنائي الكتروني للحصول على تيار مستمر يمر في انبوبة توليد الاشعة السينية دون انقطاع كما هو مبين في الشكل ٤-٨



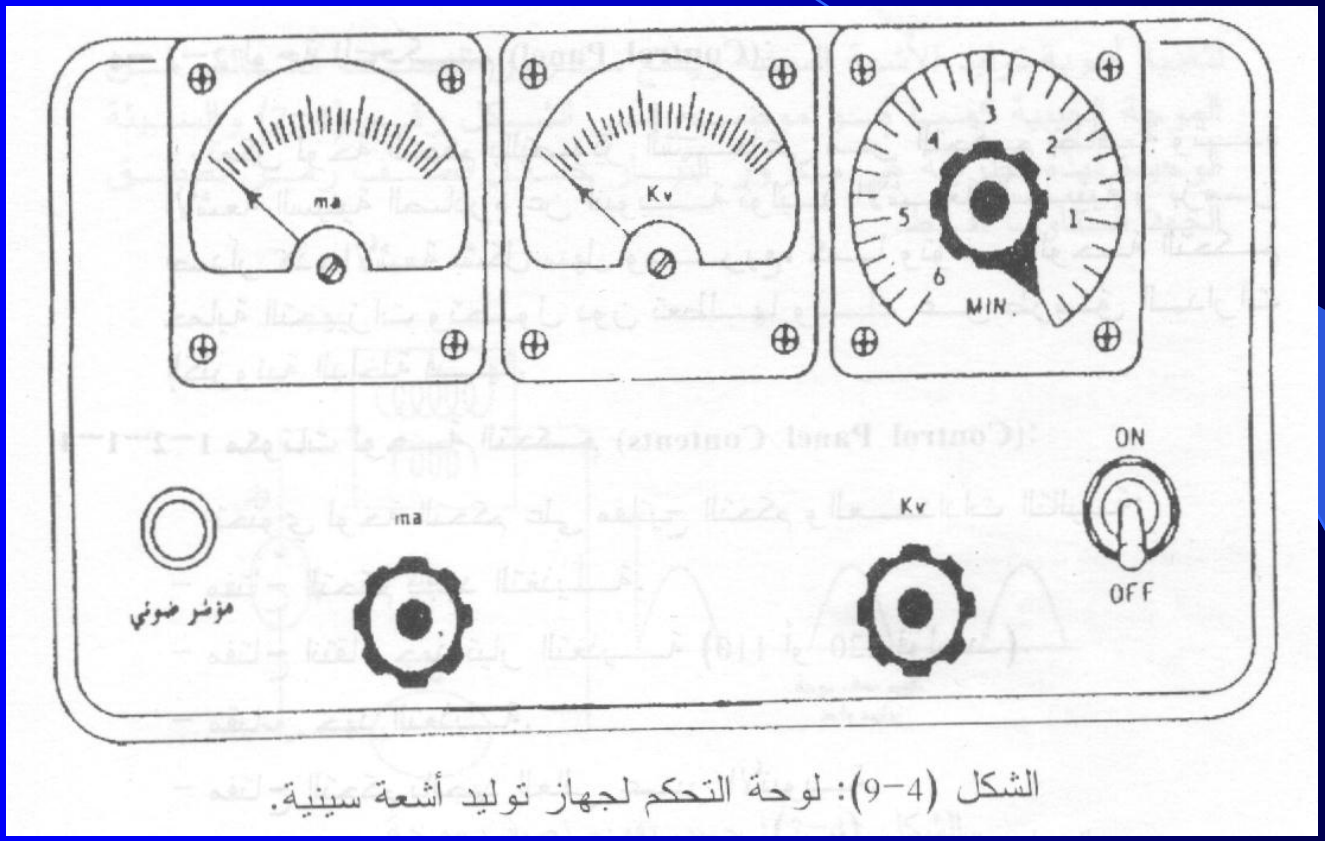
الشكل (4–7): جسر تقويم نصف موجة.



الشكل (4–8): جسر تقويم موجة كاملة.

لوحة التحكم (Control Panel)

تمكن لوحة التحكم في جهاز توليد الاشعة السينية من التحكم بطاقة وشدة الاشعة السينية الصادرة عن انبوبة توليد الاشعة السينية وبزمن اصدار هذه الاشعة بشكل سهل وسريع ،كما تؤمن حماية للتجهيزات وتحول دون تعطلها وذلك عن طريق الدارات الالكترونية الداخلة فيها.



الشكل (4–9): لوحة التحكم لجهاز توليد أشعة سينية.

BALTOSPOT

CAUTION
OIL CIRCULATION PUMP OPERATES ONLY WHEN FUSE FOR INSTRUMENT LIGHT IS INTACT
NON-OBSERVANCE OF THIS RULE MAY RUIN THE TUBE.
kVp
mA
Min
MODEL
CMA 357
WARNING
THIS X-RAY EQUIPMENT IS DANGEROUS TO OPERATOR UNLESS ESTABLISHED SAFE EXPOSURE FACTORS ARE OBSERVED.
Safety key
220 V
110 V
X-Ray on
Stand by
mA
Adjusted for
Hz
ANDREX
kVp
In
Out
ANDREX

مكونات لوحة التحكم

تحتوي لوحة التحكم على مفاتيح التحكم والعدادات التالية:

- مفتاح التحكم بجهد التغذية
- مفتاح انتقاء جهد التغذية (١١٠ او ٢٢٠فولت)
- مقياس جهد التغذية
- مفتاح التحكم بالجهد العالي عبر الانبوبة
- مقياس الجهد العالي مدرجا بالكيلوفولت
- مفتاح التحكم بتيار الانبوبة
- مقياس الامبير مدرج بالميللي امبير
- مفتاح التحكم بزمن التعريض
- مفتاح التشغيل

مكونات لوحة التحكم

- مصباح مؤشر التغذية
- مفتاح او قاطع الجهد العالي .يوصل او يقطع التيار عن المصعد
- مؤشر التبريد
- مفتاح انتقاء البقعة البؤرية (في حال كون الانبوبة ذات بؤرتين)

كما تحتوي لوحة التحكم على العديد من دارات الحماية كدارة الحماية من الحمل الزائد ودارة الحماية من ارتفاع جهد منبع التغذية ودارة الحماية من ارتفاع درجة حرارة الانبوبة.

كابلات التوصيل(Connecting Cables)

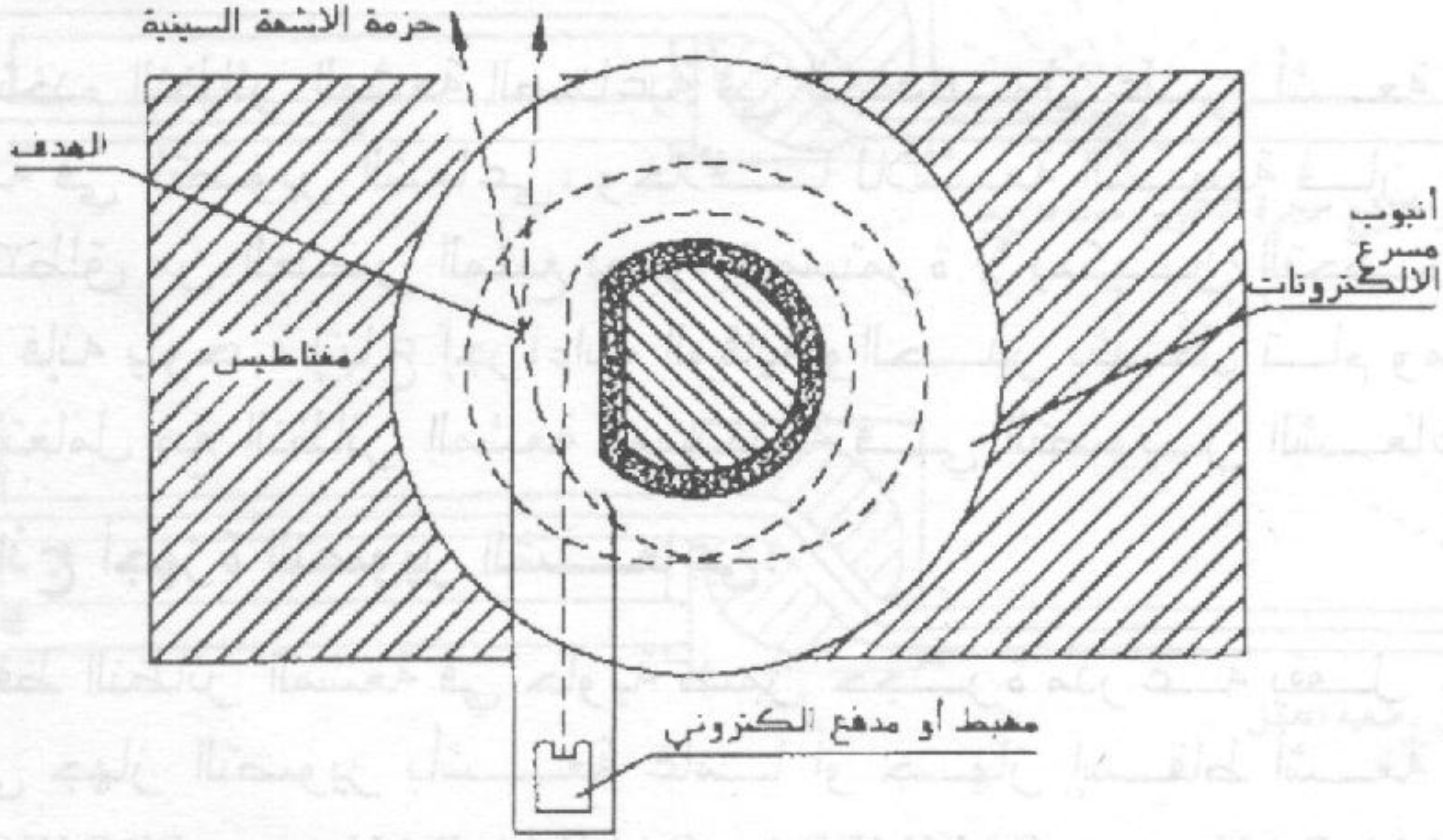
يستخدم في جهاز توليد الاشعة السينية كبلان احدهما لتامين الربط الكهربائي ما بين منبع التغذية ولوحة التحكم والاخر لتامين الربط الكهربائي ما بين لوحة التحكم وراس الانبوبة توليد الاشعة السينية.

أجهزة توليد الأشعة السينية الخاصة

يتطلب اختبار ثخانات كبيرة من المواد المعدنية استخدام اشعاعات سينية ذات طاقات عالية جدا واقعة ما بين –1-30Mevوالتي يمكن توليدها بواسطة أجهزة خاصة وهي:

مسرعات البيتاترون(Betatron accelerators)

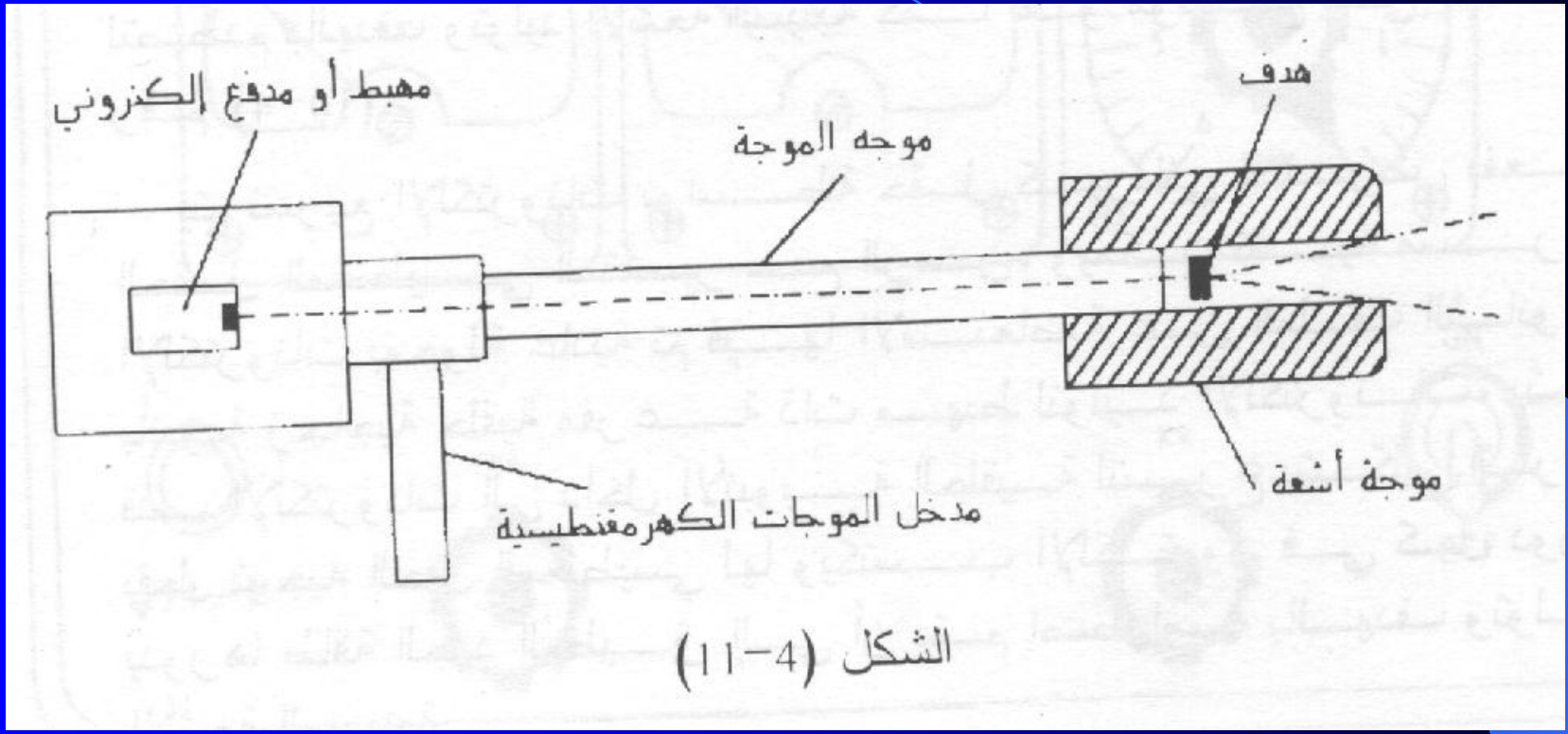
وهذه المسرعات عبارة عن مجموعة محولة ومغناطيس تم تصميمها لتوجيه وتسريع الالكترونات في مسارات دائرية حتى طاقات عالية جدا قبل ان تصطدم بالدريئة لتوليد الاشعة السينية كما هو موضح في الشكل (٤-١٠).يتم تسريع الالكترونات بواسطة حقل كهربائي متحرض بفعل حقل مغناطيسي متغير مع الزمن ويمكن تشبيه مسرع الالكترونات بمحولة عادية باستثناء ان ملفات الثانوي قد استعيض عنها بانبوبة زجاجية حلقية مفرغة ذات مهبط لتوليد الالكترونات .يتم قذف الالكترونات الى داخل الانبوبة الحلقية لتسرع بشكل دائري بفعل توجيه الحقل المغناطيسي لها ويكتسب الالكترون في كل دورة يدورها طاقة الجهد المطبق الى ان يتم اصطدامه بالدريئة لتوليد الاشعة السينية.



الشكل (4–10): مسرع الإلكترونات.

المسرعات الخطية(Linear Accelerators)

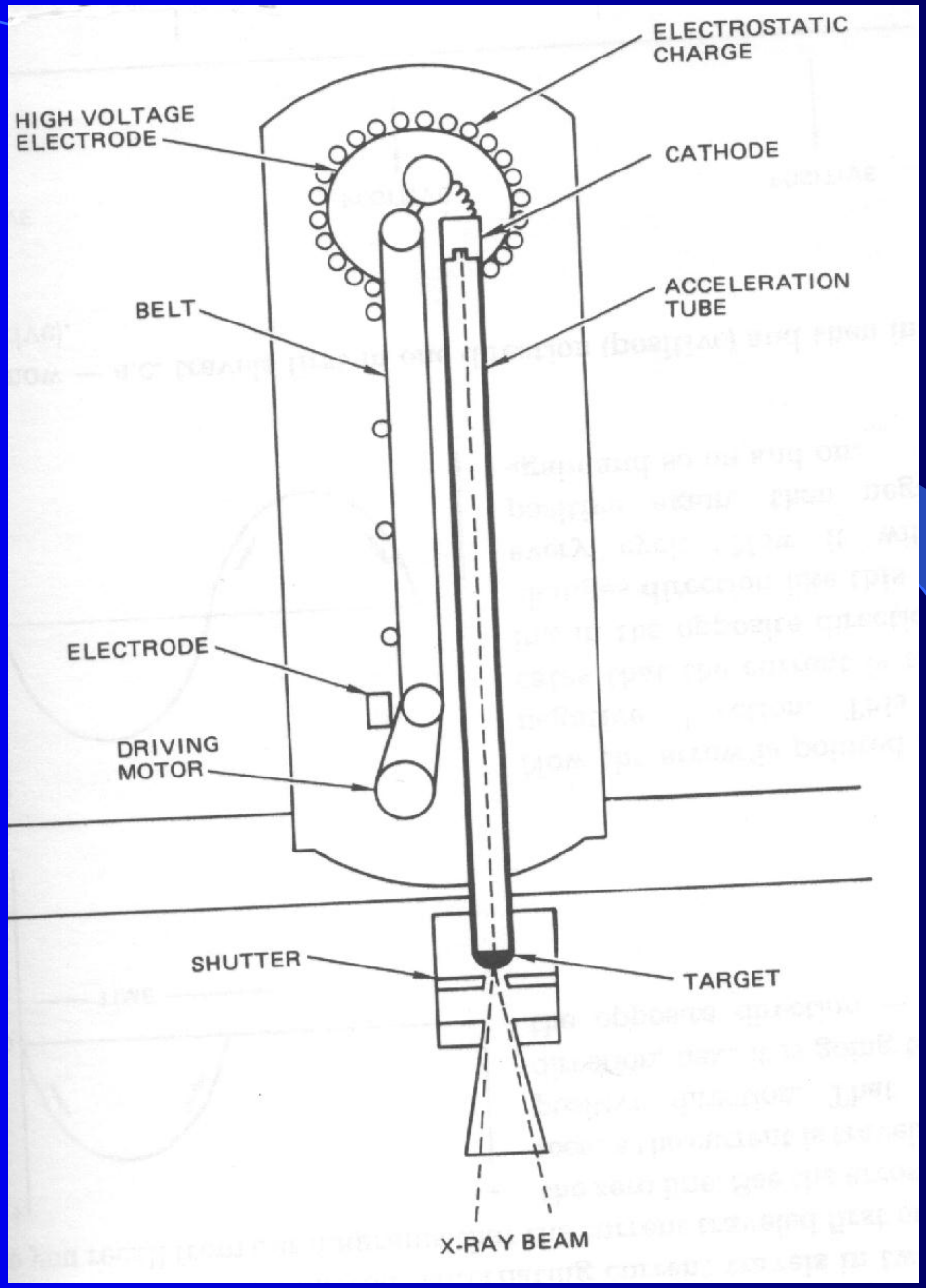
يستند مبدأ هذه المسرعات على إمرار موجات كهرمغنطيسية ذات ترددات عالية ضمن انبوب يعرف بدليل الموجة حيث يتم في نفس الوقت قذف الالكترونات بطاقة 50Kev ليتم تسريعها بفعل الطاقة المكتسبة من الموجات المذكورة حتى 3-40Mev لتصطدم فيما بعد بالدريئة وتوليد اشعاعات سينية يمكن لها أن تخترق حتى 50cm من الفولاذ ويبين الشكل التالي المكونات الأساسية للمسرع الخطي.


مهبط أو مدفع إلكتروني
موجه الموجة
هدف
موجة أشعة
مدخل الموجات الكهرمغنطيسية

الشكل (4-11)

المولد الالكتروستاتيكي او Vande Graaff genrator

ويتألف بشكل رئيسي من حزام يتحرك بسرعة عالية ومهمته جمع الشحنات الكهربائية ونقلها الى الطرف ذو الجهد العالي.وبذلك تتنامى هذه الشحنات الكهربائية بحيث تصبح شحنة الكتروستاتيكية عالية وتستخدم في تسريع الالكترونات خلال الانبوب باتجاه الهدف كما هو موضح بالشكل التالي:


ELECTROSTATIC CHARGE
HIGH VOLTAGE ELECTRODE
CATHODE
ACCELERATION TUBE
BELT
ELECTRODE
DRIVING MOTOR
SHUTTER
TARGET
X-RAY BEAM

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

مع تمنياتي لكم بالنجاح

الفيزيائي حميد الذياب