نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۸، صفحات ۲۸-۱۷، (۱۳۶۷).
چاپ ایران

تهیه نمودارهای پرتودهی جهت دستگاههای پرتو x ساز

بهمن ذوفن
مرکز تکنولوژی هسته‌ای اصفهان
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

یک نمودار پرتودهی برای یک دستگاه پرتو x ساز، یکی از ضروری‌ترین منحنی‌هائیست که در هنگام پرتونگاری جهت انتخاب مناسبت‌ترین پارامترهای پرتودهی از قطعات تحت بررسی باید بکار گرفته شود. هر آزمایشگاه پرتونگاری بایستی قادر باشد که جهت دستگاههای پرتو x ساز خود این نمودارها را بدقت و با توجه به شرایط ویژه خود رسم کند. هدف این مقاله آنست که روش متداول و کاملا" عملی موجود در تهیه این نمودارها را حتی‌الامکان همراه با یک رشته توصیه‌های مفید ارائه بدهد. جهت سهولت کار و پیگیری بهتر مطلب، بعنوان نمونه از نتایج و نموداری که برای دستگاه پرتو x ساز این مرکز تهیه شده، استفاده گردیده است.

مقدمه

یک نمودار پرتودهی درواقع راهنمای مفیدی جهت انتخاب مناسب‌ترین پارامترها و شرایط گوناگون پرتودهی است که بمنظور دستیابی به یک دانسیته مشخص بر روی فیلم انتخابی و برای ضخامتهای مختلف از قطعه تحت پرتودهی با آن دستگاه استفاده میگردد. بنابر این، این‌نمودار از اساسی‌ترین ابزار دست یک مسئول پرتونگاری (رادیوگرافی) بوده و هر آزمایشگاه پرتونگاری باید بتواند نمودار پرتودهی مناسب دستگاههای پرتو x ساز خود را بدرستی تهیه نموده و جهت صرفه‌جوئی در فیلم و مواد و نیز سرعت بخشیدن به کار خود از آنها بخوبی استفاده نماید. گرچه امروزه هر دستگاه پرتو x ساز دارای نمودار پرتودهی تهیه شده از طرف کارخانه سازنده و همراه آن دستگاه می‌باشد، لیکن از آنجا که حتی دو دستگاه مشابه و ازیک مدل نیز پرتوهای تولیدی با کیفیت‌های متفاوت دارند (۱) و از طرفی هر تاریکخانه و فرایند ظهور فیلم در آن دارای شرایط ویژه خود میباشد، لذا قبل از شروع بکار پرتونگاری، تهیه یک نمودار پرتودهی با دقت کامل برای دستگاه پرتو x ساز مورد استفاده ضروری است. واضح است که بمنظورحفظ دقت کار پس از ساعتها کار متوالی با یک دستگاه پرتو x ساز و همینطور در صورت تعویض نوع داروی ظهور و یا بروز هرگونه تغییراتی در شرایط کار، تهیه یک نمودار دیگر احتمالا" ضرورت پیدا می‌کند.

بررسی پارامترهای موثر در تهیه یک نمودار پرتودهی

علاوه بر نوع دستگاه مورد استفاده که باید

دل برزه و اکر بشکافی آفرینش در میان بینی

مشخص و قید گردد ، پارامترهای زیرنیز در شکل نهائی نمودار موثر بوده و در روند کار باید کاملا" کنترل شود :

ـ نوع فیلم مورد مصرف ،
ـ فاصله کانون مولد تا سطح فیلم (اصطلاحا" FFD) ،
ـ نوع جنس قطعه مورد بررسی پرتونگاری ،
ـ دانسیته پرتونگاری مورد نظر که نمودار صرفا" جهت آن تهیه می‌گردد ،
ـ نوع داروی ظهور ، درجه حرارت و زمان نگهداری فیلم درآن ،
ـ نوع صفحات تقویتی مورد استفاده همراه فیلم ،
ـ نوع فیلتر در صورت استفاده ،

که تاثیر و اهمیت نقش برخی از این عوامل در قسمتهای بعد خواهیم پرداخت .

۱ـ۱ـ فیلم مصرفی : یکی از مهمترین عواملی که دارای نقش اساسی در شکل نمودار پرتودهی است نوع فیلم انتخابی است . یک آزمایشگاه پرتونگاری نسبت به روند کار مداوم خود و نوع حساسیتی که در پی آنست بایستی نوع فیلم خود را جهت تهیه نموداز پرتودهی انتخاب کند و درتمام مراحل تهیه نمودار آنرا مبنای محاسبات خود قرار بدهد . کارخانجات فیلمهای پرتونگاری عمدتا" یک نوع فیلم با سرعت نسبی متوسط و تباین تصویری image Contrast زیاد را مبنای فیلم مرجع و با فاکتور پرتودهی(exposure factor) اختیار می‌کنند . بعنوان مثال شرکت فیلمهای آگفا ـ گورت (Agfa-Gevaert) نوع فیلم D7 از سری STRUCTURIX را بعنوان فیلم انتخابی و با فاکتور پرتودهی ۱ فرض نموده است و سایر انواع فیلمها برحسب نوع دانه‌بندی لایه حساس و میزان تباین تصویری آنها ، نسبت به نوع D7 سنجیده می‌شوند (۲) بنابر این در یک آزمایشگاه پرتونگاری صنعتی همین فیلم انتخابی از سری کارخانه سازنده را می‌توان عموما" مبنای کار تهیه نمودار پرتودهی قرارداده و درروندمحاسبه مقدارتابش بایددقت نمود که‌منحنی مشخصه (characteristic curve) همین فیلم انتخابی دقیقا" مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۶) . کارخانجات سازنده فیلمهای پرتونگاری آخرین منحنی مشخصه فیلمها را دراختیار مصرف ـ کننده قرار می‌دهند . گرچه در یک آزمایشگاه پرتونگاری نیز به سهولت می‌توان با توجه به شرایط خاص همان آزمایشگاه این منحنی‌ها را رسم نموده‌و مبنای محاسبات خود قرار داد . در استفاده از منحنی مشخصه فیلم باید دقت شود که شرایط ظهور فیلم در تاریکخانه‌ما عینا" همان شرایطی باشد که از سوی کارخانه برای تهیه منحنی مشخصه فیلم بکار گرفته شده است . نکته دوم آنکه برای تهیه نمودار پرتودهی ، چنانچه ناچار به استفاده از فیلم با صفحات سربی تقویتی هستید (اعمال ولتاژهای بالا) ، منحنی مشخصه فیلم شما هم باید دقیقا" با چنین صفحات تقویتی رسم شده باشد . گرچه آزمایش نشان داده است که شکل کلی منحنی مشخصه یک فیلم به وجود صفحات سربی تقویتی همراه فیلم بستگی نداشته و تنهاجای منحنی نسبت به محورهای مربوطه تفاوت خواهد نمود که در محاسبه مقدار تابش تاثیراتی خواهد گذاشت . در پرتونگاری با ولتاژهای کمتر از ۱۲۰ kV ـ۱۱۰ به صفحات تقویت‌کننده سربی نیازی نخواهدبود (۲) . چرا که حتی تاثیر منفی نیز بر کیفیت تصویر ما می‌تواند داشته باشد و بعلاوه مقدار تابش را هم جهت رسیدن به دانسیته‌های مورد نظر افزایش می‌دهد . در رادیوگرافی با دستگاههای پرتو x ساز با دامنه کیلو ولتهای پائین و دامنه نفوذ کم که عمدتا" جهت پرتونگاری از قطعات آلومینیومی

مناسب است، این نکته را باید کاملا" در نظر داشت. در جریان تهیه نمودار پرتودهی باید سعی شود که فیلم و داروی ظهور نسبتا" تازه بکار گرفته شود و بتاریخ مجاز مصرف فیلم که روی بسته های‌آن قید شده باید توجه نمود. بویژه در مورد فیلمهائی که تغییرات زیاد درجه حرارت و یا رطوبت در محیط نگهداری آنها بوده و نیز وجودپرتوهای یونیزان در محل نگهداری فیلمهای خام امکان بروز تاثیرات منفی بر لایه‌های حساس فیلم بمراتب زیادتر خواهد بود. بهترین راه اطمینان از تازگی فیلمهای خام انبار شده بصورت کاملا" دلخواه از هربسته فیلم، فیلمی انتخاب کرده و بدون هیچگونه پرتودهی، مستقیما" آنرا در شرایط کنترل شده ظاهر و پس ازخشک کردن دانسیته آنرا اندازه بگیریم. بر طبق توصیه‌های استانداردارائه‌شده (BS 2600, Part 1,1983) میزان این دانسیته که به دانسیته مبنا و یا مه ـ آلودگی فیلم (fog density) مشهوراست از ۰/۳ نباید تجاوز کند. این آزمایش درعین حال امتحانی از کیفیت تاریکخانه و سیستم ظهور فیلم ما نیز خواهد بود.

۲ـ۱ـ شرایط ظهور فیلم: از آنجا که دارو و شرایط ظهور فیلمها بنحو موثری در دانسیته تصویر بدست آمده نقش بازی می‌کند، بنابر این لازم است که این شرایط کاملا" شناخته شود و در تمام مراحل تهیه یک نمودار پرتودهی کنترل شود. مناسبترین راه آنست که دستورالعمل و توصیه‌های کارخانه تولید ـ کننده این مواد همراه با توصیه‌های یک استاندارد شناخته شده بین‌المللی کاملا" رعایت گردد. این شرایط موثر در مراحل ظهور فیلم عبارت خواهند بود از:

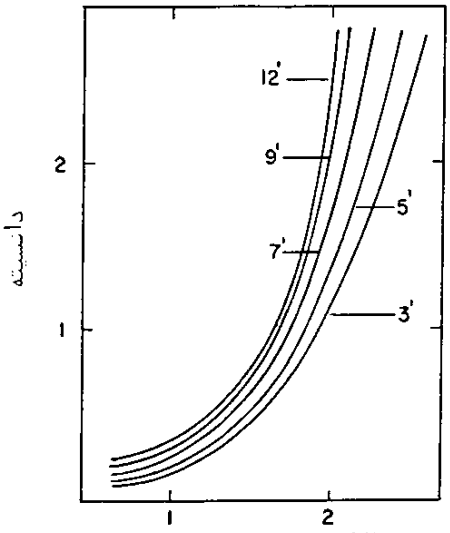
۱ـ۲ـ۱ـ نوع داروی ظهور و ساخت آن: مارکهای مختلف از محلولهای ظهور دارای تاثیرات متفاوت بر فیلمها میباشد. همینطور میزان رقیق کردن و نحوه ساخت محلولهای ظهور کاملا" باید بر طبق دستورالعمل کارخانه سازنده باشد.

۲ـ۲ـ۱ـ درجه حرارت ظهور: درجه حرارت محلول ظهور از عوامل بسیار موثر بر دانسیته پرتونگاری است و بنابراین در تمام طول مراحل ظهور فیلم باید دقیقا" بتوسط میزان الحراره‌های کالیبره شده مطمئن کنترل شود. درجه حرارت توصیه شده در استانداردهای پرتونگاری معمولا" ۲۰°C (سانتی‌گراد) قید شده است. این درجه حرارت جهت دستگاههای فرایند ظهور خودکار معمولا" بالاتر و بطور خودکار توسط خود سیستم کنترل می‌شود.

۳ـ۲ـ۱ـ زمان مورد نیاز جهت ظهور فیلم: مدت زمان مناسب جهت ظاهر شدن تمام برومورهای نقره نابش دیده در لایه حساس فیلم نیز باید بر طبق توصیه کارخانه سازنده داروی ظهور کاملا" رعایت گردد. شکل ۱ نشاندهنده میزان تغییرات دانسیته تصویر ظاهر شده براساس عامل مهم "زمان نگهداری فیلم در محلول ظهور" می‌باشد. البته این تاثیرات بر روی فیلمهای مختلف تفاوت خواهد داشت.

گرچه حرکت دادن فیلم در درون محلول ظهور عمدتا" برتباین تصویری و یکنواختی دانسیته تصویر تاثیر می‌گذارد بهرحال جهت حفظ عادت به تکان دادن مداوم فیلمها در طول مدت فرایند ظهور دستی و جلوگیری از بروز هر گونه غیریکنواختی در تصویر ظاهر شده لازم است توصیه استانداردها مثل ASTM-E94 را بکار بست که در آن حرکت دادن فیلم بصورت عمودی و افقی در محلول ظهور بمدت چند ثانیه پس از هردقیقه، بمنظور دستیابی به یک ظهور یکنواخت ضروری است.

بنابر این دقت شود که نوع محلول ظهور، درجه حرارت و مدت زمان نگهداری فیلم درآن باید دریک

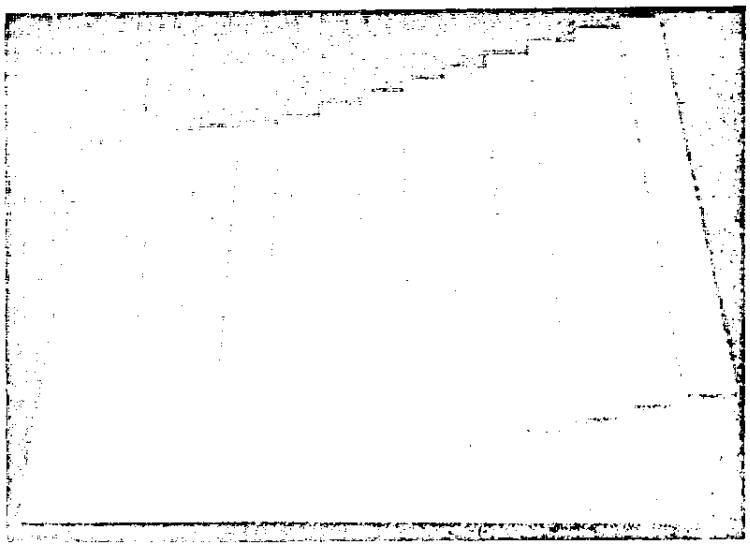


شکل ۱ــ تغییرات دانسیته پرتونگاری فیلم D_7 در محلول ظهور G127 برحسب زمان‌های ظهور متفاوت (۲) .

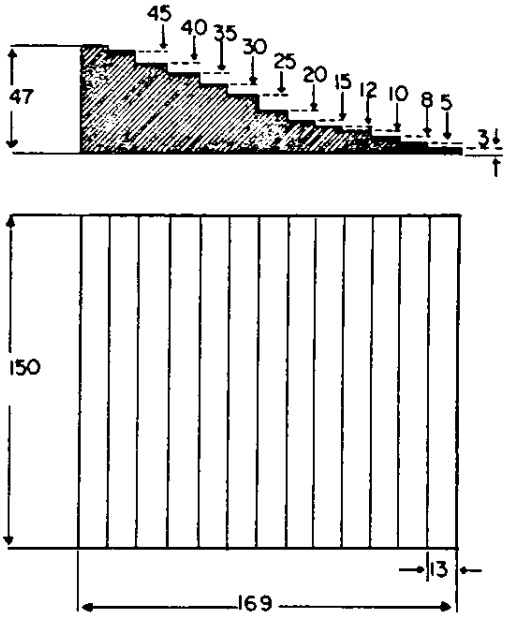
نمودار پرتودهی بصورت واضح قید گردد . بعنوان مثال در مورد نمودار رسم شده جهت مولد ایکس این مرکز شرایط بدینصورت است : نوع محلول . آگفا G127 ، مدت ۵ دقیقه در محلول ۲۰° سانتی‌گراد . نمودار پرتودهی تهیه شده نتیجتا" تنها با این شرایط ظهور نتیجه مورد نظر را خواهد داد .

۴ــ۲ــ۱ــ جنس قطعه : از آنجا که مواد گوناگون بنا به چگالی جرمی و عدد اتمی آنها دارای میزان جذب تابش متفاوت می‌باشند ، لازم است تا نمودار پرتودهی بر مبنای فلزی تهیه شود که قطعات مختلف تحت بررسی بوسیله آن مولد ایکس عمدتا" از آن جنس هستند . در پرتونگاری صنعتی برای کیلو ــ ولتهای ۱۰۰ و بالاتر و همینطور در هنگام کاربرد چشمه‌های گاما ، فولاد و آلیاژهای آن بعنوان فلز مرجع شناخته شده و مواد دیگربا آن مقایسه می‌شود . بنابر این جهت تهیه نمودار و در دست بودن ضخامتهای گوناگون یک گوه پلکانی (step wedge) از جنس فولاد یا آلومینیوم ضروری است . جهت سهولت در ساخت این گوه پلکانی می‌توان از صفحاتی با ضخامت مشخص استفاده نمود که بصورت لایه‌لایه و با چسب مناسب بروی هم قرار گیرند تا نتیجتا" ضخامتهای مورد نظر پلکانی را ایجاد کند . گوه مزبور را به صورت یکپارچه نیز می‌توان ساخت (شکل ۲) . بهرحال قطعه باید از عیوب داخلی مبرا و سطوح خارجی آن در حد مناسبی صیقلی و ابعاد آن بویژه ضخامت پلکانها از نظر دقت ساخت در حد قابل قبول باشد . برخی از کارخانه‌های سازنده مولدهای ایکس نمودارهای پرتودهی را برحسب اینچ ازضخامت فولاد و یا آلومینیوم تنظیم نموده‌اند لیکن طراحی گوه مورد نظر برحسب میلی‌متر متداولتر و عملی‌تر بنظر می‌رسد .

شکل ۳ نقشه گوه پلکانی مورد استفاده در این مرکز را بعنوان یک نمونه جهت ساخت چنین گوه‌هائی نشان می‌دهد . ابعادمشخص شده تنها جهت راهنمای کار بوده و چندان الزامی در رعایت صددرصد آنها نیست . گرچه در برخی از متون رادیوگرافی صنعتی ،



شکل ۲ــ تصویری از گوه پلکانی فولادی ساخته شده در مرکز تکنولوژی هسته‌ای اصفهان جهت تهیه نمودار پرتودهی مورد نیاز .



شکل ۳ــ نقشه گوه پلکانی از فولاد ، ساخته شده در مرکزتکنولوژی هسته‌ای اصفهان (واحد mm) .

جدول ۱ــ پارامترهای پرتودهی .

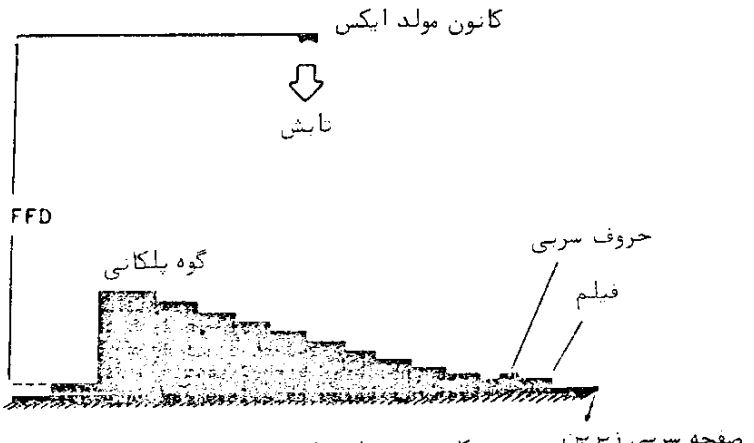
کیلوولت kV	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵	۲۵۰	۲۷۵	۳۰۰
زمان تابش Min	۲	$۱\frac{۳}{۴}$	$۱\frac{۱}{۲}$	$۱\frac{۱}{۲}$	$۱\frac{۱}{۲}$	۱	۱	$\frac{۳}{۴}$
جریان	در تمام طول آزمایش ۵ mA							
FFD	در تمام طول آزمایش ۷۰۰ mm							

اختلاف ضخامت پله‌ها جهت فولادها ۱ میلی‌متر و برای گوه‌های آلومینیومی ۵ میلی‌متر پیشنهاد داده شده است (۳) .

مراحل تهیه نمودار پرتودهی

۱ــ۲ــ تهیه نمودار واسطه (intermediate chart) : پس از انتخاب نوع فیلم مورد نظر، از گوه پلکانی باولتاژهای متفاوت پرتونگاری می‌کنیم . مقدار تابش برای دستگاههای پرتو x ساز mA x Min (میلی‌آمپر دقیقه) است لیکن بنا به نوع سیستم کنترل دستگاه پرتو x راحت‌تر آنست که یک متغیر را ثابت گرفته و عامل دیگر را تغییر دهیم . بعنوان مثال در تمام طول آزمایش جهت دستگاه پرتو x ساز بوجود دراین مرکز جریان کاتدی را ۵ mA بصورت ثابت نگه داشته و زمانهای تابش را تغییر داده‌ایم (مطابق جدول ۱) که طبیعتا" برای ولتاژهای کمتر زمانهای تابش کوتاه‌تر انتخاب نموده و برای ولتاژ‌های بالاتر بالعکس.

بمنظور جلوگیری از رسیدن تابش‌های پراکنده به فیلم و تاثیر ناخواسته روی دانسیته آن بهتر است که یک ورق سربی به ضخامت حداقل ۱/۶ میلی‌متر در هنگام رادیوگرافی زیر فیلم قراردهیم . در هنگام پرتونگاری میزان کیلوولت مورد نظر را با اعدادسربی مناسب روی فیلم مشخص کرده‌ایم ، تا پس از ظهور و هنگام بررسی ، فیلمها کاملا" ازهم قابل تشخیص باشند . شکل ۴ نحوه استقرار فیلم ، ورق سربی



شکل ۴ــ نحوه استقرار دستگاه پرتو x ساز فیلم ، گوه پلکانی و صفحه سربی زیرین .

جدول ۲ــ گردآوری دانسیته‌های اندازه‌گیری شده.

فولاد mm	دانسنه رادیوگرافی							
	۱۲۵ kV	۱۵۰ kV	۱۷۵ kV	۲۰۰ kV	۲۲۵ kV	۲۵۰ kV	۲۷۵ kV	۳۰۰ kV
۳	۱/۶۱	–	–	–	–	–	–	–
۵	۰/۹۰	۲/۶	–	–	–	–	–	–
۸	۰/۵۱	۱/۴۴	۲/۸۰	–	–	–	–	–
۱۰	۰/۴۱	۱/۰۵	۱/۹۵	–	–	–	–	–
۱۲	۰/۳۷	۰/۸۱	۱/۴۰	۳/۶۲	–	–	–	–
۱۵	۰/۳۴	۰/۶۳	۰/۹۲	۲/۷۳	۳/۹۸	–	–	–
۲۰	–	۰/۵۲	۰/۶۰	۱/۸۵	۲/۷۸	۳/۳۵	–	–
۲۵	–	–	۰/۴۸	۱/۲۱	۱/۶۲	۲/–	۳/۶۹	۲/۹۰
۳۰	–	–	–	۰/۷۸	۱/۰۳	۱/۳۴	۱/۷۴	۱/۹۹
۳۵	–	–	–	۰/۶۷	۰/۸۰	۱/–	۱/۲۰	۱/۴۰
۴۰	–	–	–	–	۰/۶۲	۰/۸۰	۰/۹۵	۱/۰۸
۴۵	–	–	–	–	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۸۳	۰/۹۰
۴۷	–	–	–	–	–	–	–	۰/۸۸

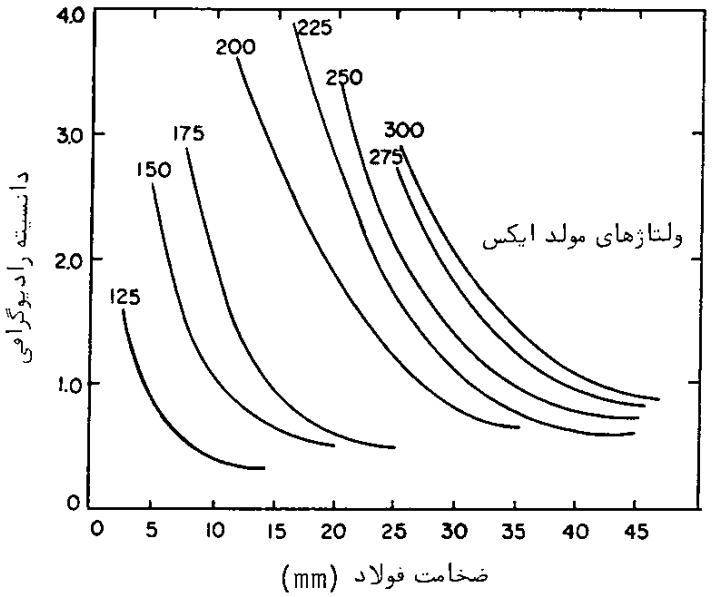
زیرین و گوه پلکانی را نشان می‌دهد. پس از اتمام کار پرتودهی فیلمها را در شرایط قید شده در قسمت ۲ــ۲ ظاهر می‌نمائیم. دانسیته‌های اندازه‌گیری شده برای هر ضخامت از گوه پلکانی در جدول شماره ۲ جمع‌آوری گشته و همین نتایج را بر روی یک کاغذ مدرج میلی‌متری که محور عمودی آن D (دانسیته رادیوگرافی) فیلم ما و محور افقی آن ضخامت پلکانهای گوه است برای کیلوولت‌های مختلف رسم می‌کنیم. این نمودار واسطه ما خواهد بود (شکل ۵)، و در تهیه نمودار پرتودهی، اطلاعات بدست آمده دراین منحنی‌ها را مبنای محاسبات خود قرار می‌دهیم.

۲ــ۲ــ استفاده ازمنحنی مشخصه فیلم مورد مصرفی:

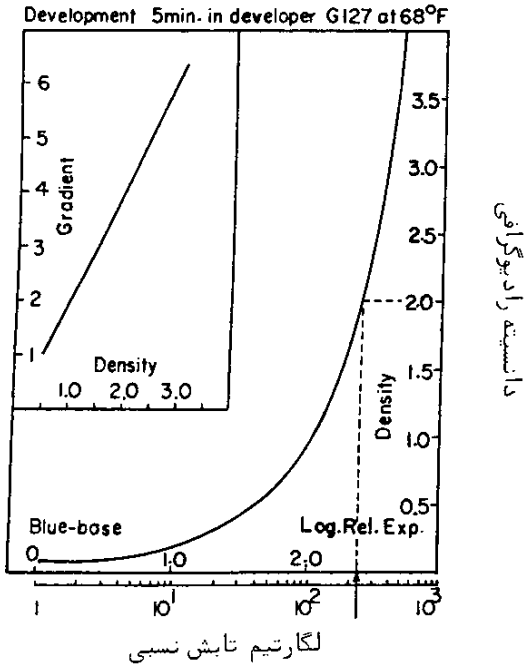
با توجه باینکه در پی آن هستیم تا مقدار تابشی را محاسبه کنیم که برای هر ضخامت مشخص فولاد بدانسیته مورد نظر یعنی D = ۲/۰۰ برسیم، لذا باید از منحنی مشخصه فیلم D7 (فیلم‌مورد مصرف ما) استفاده کنیم (شکل ۶). جهت این کار بازاء هر کیلو ولت و ضخامت از گوه باید مقدار تابش برای رسیدن به دانسیته ۲ را از رابطه زیر و با استفاده از منحنی مشخصه فیلم بدست می‌آوریم:

$$(I_2, T_2) = (I.T)\ \frac{E_2}{E}$$

$$(I_2 \times T_2) = (I \times T)\ \frac{E_2}{E}$$



شکل ۵ــ نمودار واسطه جهت ولتاژهای مختلف .



شکل ۶ــ منحنی مشخصه فیلم D7 با شرایط ظهور قید شده در آن .

که دراین رابطه :

I_2 : جریان کاتدی تیوب (mA) برای رسیدن به دانسیته ۲/۰۰ .

T_2 : زمان لازم پرتودهی برای رسیدن به دانسیته ۲/۰ .

E_2 : تابش نسبی برای رسیدن به دانسیته ۲ (با استفاده از منحنی مشخصه فیلم) .

I : جریان کاتدی تیوب (mA) درتابش اولیه ،

I : زمان پرتودهی در تابش اولیه

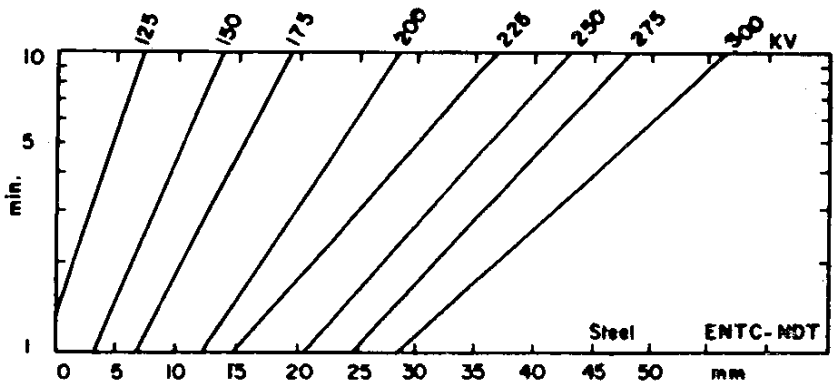
E : تابش نسبی در تابش اولیه برای هر ضخامت ازگوه (با استفاده از منحنی مشخصه فیلم) .

که درجریان پرتودهی ما ، $I = I_2 = 5$ mA و بنابر این تنها زمان‌های مورد نیاز (T_2) را برای پرتو ـ دهی و دستیابی به دانسیته ۲ را برای کیلو ولت‌ها و ضخامتهای گوناگون گوه بایدمحاسبه کنیم . نتایج این محاسبات را درجدولی مانند جدول شماره ۳ ثبت می‌کنیم . این محاسبات برای تمام ولتاژهای اعمال شده باید صورت گیرد . بمنظور بالا بردن دقت کار لازمست که این محاسبات برای ضخامتهای متنوع‌تر از آنچه روی گوه وجود دارد نیز صورت گیرد . جهت اینکار نمودار واسطه‌ای را که قبلا " تهیه کرده‌ایم بکار می‌گیریم .

۳ـ۳ـ رسم نمودار پرتودهی : اکنون با این اطلاعات بدست آمده می‌توانیم نمودار پرتودهی را براحتی در یک کاغذ مدرج نیمه لگاریتمی رسم‌کنیم . از آنجا که محور مقدار تابش نسبی در روی منحنی مشخصه فیلمها یک محور لگاریتمی است ، بنابر این محور مقدار تابش (mAxMin) را نیز در یک نمودار

جدول ۳ـ نتایج محاسبه زمانهای لازم تابش جهت رسیدن به دانسیته ۲ .

125 kV, T = 2 Min					150 kV, T = 1 Min & 45 Sec					فولاد
T_2 Min & Sec	$\frac{E_2}{E}$	log E_2	log E	D	T_2 Min & Sec	$\frac{E_2}{E}$	log E_2	log E	D	mm
–	–	–	–	–	۲ و ۵	۱/۰۴	۲/۳۸	۲/۳۸	۱/۶۱	۳
۱ و ۲۰	۰/۷۶	۲/۳۸	۲/۵۰	۲/۶	۵ و ۱۲	۲/۶۰	۲/۳۸	۱/۹۶	۰/۹۰	۵
۲ و ۳۰	۱/۴۱	۲/۳۸	۲/۲۳	۱/۴۴	۱۱ و ۱۵	۵/۶۲	۲/۳۸	۱/۶۳	۰/۵۱	۸
۳ و ۴۰	۲/۰۹	۲/۳۸	۲/۰۶	۱/۰۵	۱۵ و ۲۰	۷/۶۷	۲/۳۸	۱/۴۹	۰/۴۱	۱۰
۵ و ۱۰	۲/۹۵	۲/۳۸	۱/۹۱	۰/۸۱	–	–	–	–	–	۱۲
۷ و ۱۸	۴/۱۷	۲/۳۸	۱/۷۶	۰/۶۳	–	–	–	–	–	۱۵
۹ و ۵۰	۵/۶۲	۲/۳۸	۱/۶۳	۰/۵۲	–	–	–	–	–	۲۰
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۲۵
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۳۰
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۳۵
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۴۰
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۴۵
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۴۷



شکل ۷ــ نمودار پرتودهی تهیه شده جهت مولد ایکس موجود
درمرکز تکنولوژی هسته‌ای اصفهان Balteau GM 300/5D.

پرتودهی لگاریتمی انتخاب می‌کنیم . محور افقی دارای تقسیمات خطی برحسب mm (یا اینچ) از ضخامت فولاد خواهد بود . از آنجا که در تمام طول آزمایش ما I=۵ mA ثابت بوده است بنابر این محور لگاریتمی ما صرفا" زمان‌های لازم جهت پرتودهی را مشخص می‌کند . زمانهای محاسبه شده در جدول ۳ جهت رسیدن دانسیته تصویر هر ضخامت به میزان D = ۲ را نسبت به محورهای نمودار مشخص کرده و برای هر ولتاژ مناسبترین خطی را که هر کدام از این سری نقاط را بهم متصل می‌کند رسم می‌کنیم . مجموعه این خطوط، نمودار پرتودهی ما را برای شرایط مشخص کاملا" قید شده در نمودار تشکیل می‌دهد (شکل ۷) . به شرایط مشخص شده در نمودار لازمست توجه گردد .

نمودار تهیه شده راهنمائی خواهد بود جهت تعیین مناسب‌ترین پارامترهای پرتودهی (ولتاژ، شدت جریان و زمان پرتودهی) بمنظور آنکه برای ضخامتهای مختلف از فولاد و با استفاده ازفیلم D7 و شرایط ظهور قراردادی بدانسیته ۲ برسیم .

چند توصیه ضروری

ــ در تمام طول آزمایش بایستی دقیقا" کنترل نمود که شرایط ظهور و تاریکخانه یکسان بوده و عینا" همان شرایط قید شده در نمودار پرتودهی نهائی باشد .

ــ چنانچه ابعاد فیلمهای مصرفی شما بزرگتر از سطح

ــ اتکاء گوه پلکانی است می‌توانید جهت صرفه‌جوئی درمصرف فیلم ، در هنگام پرتونگاری سایر قسمتهای فیلم را که زیرگوه قرار ندارد را با ورق‌های سربی با ضخامت مناسب بپوشانید تا بدینوسیله بتوان نتایج پرتودهی با ولتاژهای متعدد را بر روی یک فیلم واحد ثبت نمود .

ــ از آنجا که در جریان اندازه‌گیری دانسیته مربوط به تصویر هر پلکانی روی فیلم احتمال اشتباه گرفتن پله‌های متفاوت گوه با یکدیگر وجود دارد ، بنابراین توصیه می‌شود با حروف سربی مناسب شماره هر پلکان و یا ضخامت آنرا مشخص کنید .

ــ حتی چنانچه فیلم مورد استفاده همراه صفحات تقویتی در دو طرف آن باشد ، باز با اینحال ازیک

صفحه سربی با ضخامت حداقل ۱/۶ میلی‌متر در زیر فیلم بمنظور جلوگیری از نفوذ تابش‌های پراکنده به فیلم استفاده باید کرد.

ـ هرچه محاسبات در قسمت (۲ـ۳) برای ضخامتهای بیشتری انجام گیرد، دقت نمودار تهیه شده طبیعتا" بیشتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری

بمنظور تعیین مناسبترین شرایط و پارامترهای آزمایش رادیوگرافی، یک نمودار پرتودهی بهترین راهنمای عمل است. بنابر این یک آزمایشگاه پرتونگاری با توجه به نوع دستگاه پرتو X ساز، جنس و ضخامت قطعات تحت بررسی روزانه، فیلم انتخابی، شرایط تاریکخانه و ظهور ویژه خود، بایستی بتواند نمودار پرتودهی مناسب کار خود را بدرستی تهیه کرده و آنرا بعنوان راهنما بکار گیرد. گرچه کارخانجات سازنده دستگاههای پرتوX ساز نمودار پرتودهی آنرا در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند، و یا از طرفی با روش "سعی و خطا" (trial and error) نیزمی‌توان پارامترهای مناسب را جهت کار روزانه پرتونگاری تعیین نمود، لیکن این روش نه تنها نسبتا "وقت‌گیر بوده بلکه باعث اتلاف فیلم مصرفی، مواد و استهلاک دستگاه نیز گشته و یک برخورد تکنیکی و علمی با اصول پرتونگاری نخواهد بود. بجز رسیدن به هدف اساسی در تهیه یک نمودار پرتودهی، از فواید جانبی مهم کار آن خواهد بود که در روند این تهیه، نتیجتا" به پارامترهای تعیین‌کننده دانسیته پرتونگاری، تباین تصویری، مسائل ظهور و تاثیرات گوناگون آن، کاربرد منحنی‌های مشخصه فیلم و بالاخره ویژه‌گیهای دستگاه پرتوX ساز مورد استفاده نیز تسلط کامل بدست می‌آید. گرچه عنوان مقاله گویای تهیه نمودار پرتودهی در مورد دستگاههای پرتو X ساز بوده و نتایج و نمودار ارائه شده نیز در مورد دستگاه موجود این مرکز است، لیکن دستورالعمل و روشهای کار عینا" جهت تهیه یک نمودار پرتودهی برای "چشمه‌های گاما" نیز راهگشا خواهد بود. با این تفاوت که مقدار تابش (محور عمودی و لگاریتمی نمودار) برحسب (کوری ـ دقیقه) و حتی گاهی بر حسب بکرل ـ ساعت (Bq.hr) و یا کوری ساعت (Ci.hr) باید تقسیم‌بندی شود و برای هر چشمه مورد مصرف بدلیل وجود تنها یک سطح انرژی منحصرا" یک خط نیز خواهیم داشت. این نمودار همراه با منحنی تغییرات افت فعالیت چشمه باید همزمان مورد استفاده قرار گیرد تا دانسیته پرتو ـ نگاری تصویر در حد مورد نظر حاصل شود.

References

1. P.A. Gillespie and N.W.D. Chrimes, "Preparation of X-Ray Exposure Charts", British Journal of NDT, P 34, June (1965).
2. Industrial Radiography, Agfa-Gevaert, PP. 126, 40, 67-70, 97, 126.
3. Handbook of Radiographic Apparatus & Techniques, 2nd Ed. The International Institute of Welding, P 51. (1973).
4. Agfa-Gevaert Film Catalogue (1977).

AEOI Scientific Bulletin
No.8, pp. 17-28, (1988)
Printed in Iran

PREPARATION OF EXPOSURES CHARTS FOR X-RAY TUBES

B. Zoofan
Esfahan Nuclear Technology Centre

Abstract

An exposure chart is a fundamental graph which provides guidance of the exposure conditions in relation to the thickness for a given specimen. It must be prepared specially for the X-ray unit and the type of the film to be used. Although exposure charts are available for each particular X-ray tube from its manufacturer, individual radiographic laboratory should be able to prepare its own exposure charts in a precise manner. Here a typical procedure to prepare such a chart is provided in a practical way with some necessary recommendations.