دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی
Bi-annual Journal of Restoration Science and Cultural Heritage
http://www.aui.ac.ir/index.php/fa/rsch

مروری بر روش پرتونگاری ایکس در آثار سفالین

اعظم رمضانی چرمینه
کارشناس ارشد مرمت آثار و اشیای فرهنگی- تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان
(مکاتبات:ramezanimaremat@yahoo.com)

چکیده
پرتونگاری ایکس، ثبت تصویر حاصل از عبور پرتوی ایکس از میان شئ مورد بررسی برفیلم یا وسایل ثبت کننده‌ی دیگر است و می‌تواند اطلاعاتی ارزشمند در ارتباط با ساختمان اشیای سفالی دهد کهممکن است حصول این اطلاعات و تشخیص آن‌ها از راه‌های دیگر دشوار باشد. مزایای بالا از جمله غیرمخرب بودن، سرعت نسبی بالا و هزینه‌ی پایین روش پرتو نگاری سبب استفاده‌ی گسترده‌ی آن به‌خصوص در ارتباط با آثار سفالی است. این مقاله مروری بر روش پرتونگاری ایکس داشته و چگونگی کاربرد آن در مورد ظروف سفالی را مورد بررسی قرار می‌دهد. هر چند که با وجود توانایی این روش در شناسایی ساختار رسی، روش‌های فرم دهی، ترک‌ها و درمان‌ها نتایج نشان دهنده‌ی این مهم است که پرتونگاری ایکس می‌تواند روش تکمیلی مطلوبی در کنار سایر مطالعات انجام شده بر آثار سفالی، مورد استفاده قرار گیرد.
واژگان کلیدی: پرتونگاری ایکس، پرتوی ایکس، ظروف سفالی، روش تکمیلی.

***

A Review of X-radiography Method for Pottery Artifacts

Azam Ramezani Charmineh
Art University of Isfahan, Faculty of conservation
(Author Email: ramezanimaremat@yahoo.com)

Abstract
X-radiography, images of X-ray passed through the object on the film or other means and obtains information on the ceramics that in other ways, they might be difficult. High benefits including nondestructive, relative speed up and low cost the method use of them, especially in connection with the pottery works. This paper presents an overview of the methods of X-ray and how to use it in case the pots. However, despite the ability of this approach in identifying clay structure, methods of form, cracks and treatments, the results indicate that can be used as additional method, along with other studies on pottery works.

Keywords: x-radiography, pottery, additional method.

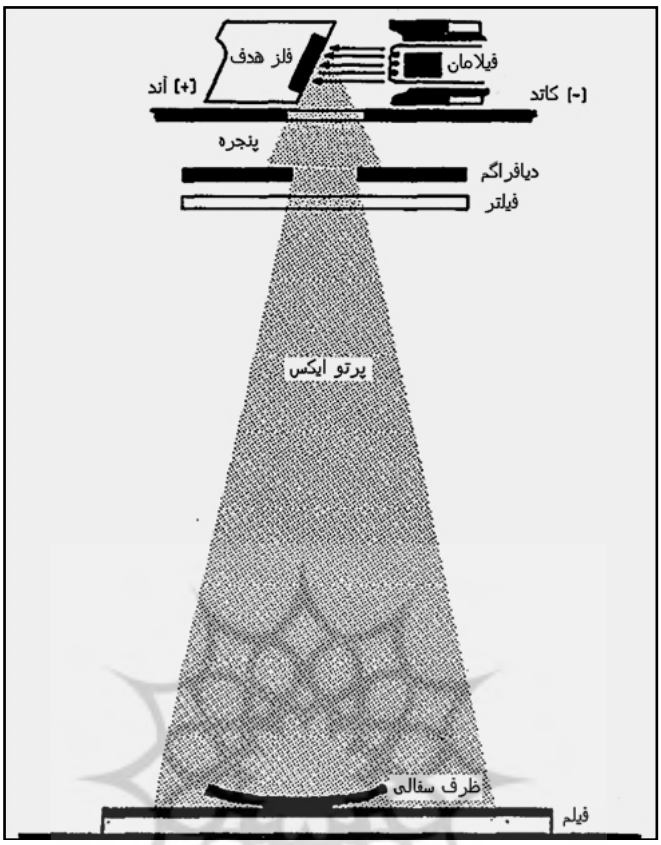
۱- مقدمه

پرتونگاری ایک سروشی تصویری است که در آن پرتوی ایکس عبور داده شده از شئ به‌صورت تصویر خاکستری روی فیلم عکاسی یا ابزار ثبت کننده‌ی دیگر نمایش داده می‌شود.پرتوی ایکس شکلی از تابش الکترومغناطیسی است که بسته به ضخامت، چگالی اتمی[1] و طبیعت شیمیایی اجزای یگانه‌ی مواد، درون اشیا نفوذ می‌کند(Fell 1995,2) و جذب ناهمسان آن به دلیل تغییر در ضخامت و ترکیب، به‌صورت کنتراست(نواحی تیره و روشن) روی فیلم آشکار می‌شود.اولین تصویر پرتونگاری با پرتوهای ایکس از آثار سفالی به نیمه‌ی اول قرن بیستم بر می‌گردد. قابلیت دسترسی به امکانات مورد نیاز در بیشتر مکان‌ها، ارزان بودن و امکان استفاده برای تحلیل اشیای کامل سفالی و نیز خرده‌سفال‌ها از جمله مزیت‌های تفکیک‌ناپذیر دیگری است که پرتونگاری را به شیوه‌ی تکمیلی کاملاً مؤثری جهت شناخت آثار سفالی تبدیل کرده است. به‌طوری که از این شیوه در زمینه‌های مختلفی همانند تعیین کردن ماتریکس رسی، شناسایی روش‌های فرم دهی اولیه، ترک‌ها و مرمت سفالینه‌ها و مشخص کردن محل اتصال‌ها از قبیل دسته، لوله وغیره در اشیای سفالی استفاده می‌شود(Berg2011,1-2).

۲- پرتونگاری

به طورکلی پرتونگاری شامل پرتوافکنی و نفوذ انرژی تابش شده درون نمونه‌ی مورد بررسی است. انرژی تابش شده به طور یکنواخت توسط ماده یا اجزای تشکیل دهنده‌ی آن جذب می‌شود به جز قسمت‌هایی که در ضخامت یا چگالی اختلاف وجود دارد. انرژی جذب نشده نیز پس از عبور به ماده‌ی حساسی مثل فیلم برخورد کرده و به‌این صورت تصویری از الگوی تابش شده روی آن شکل می‌گیرد(Ingold,2012,7). به‌منظور درک بهتر روش پرتونگاری ایکس در آثار سفالی لازم است با ماشین پرتو ایکس و چگونگی تولید این پرتو آشنا شد. دستگاه معمولی پرتو ایکس از یک محفظه‌ی شیشه‌ای تحت خلاء بالا که آند، کاتد و سایر متعلقات درون آن جا گرفته‌اند تشکیل شده است (شکل ۱). کاتد، سیمی است که با عبور جریان چند میلی آمپری از آن تابان می‌گردد وانتشار جریان مداومی از الکترون‌ها را به همراه دارد. این رشته سیم فیلامانتیز نامیده می‌شود. سپس اختلاف‌پتانسیل ایجاد شده بین آند و کاتد (ولتاژ اعمال شده بر دستگاه) حرکت الکترون‌ها را به سوی فلز هدف تسریع می‌کند. وقتی الکترون‌ها به فلز هدف برخورد می‌کنند و به طور ناگهانی متوقف می‌شوند، انرژی خود را در قالب پرتوی ایکس منتشر می‌کنند. از آن جایی که بیش از ۹۹٪ انرژی جنبشی الکترون‌های برخورد کننده به گرما تبدیل می‌شود، جنسفلز هدف معمولاً از تنگستن انتخاب می‌شود که ماده‌ای مقاوم با نقطه‌ی ذوب بالا است(Lang & Middleton, 2005, 6). پرتوهای ایکس از طریق پنجره‌ی ماشین تولید پرتو خارج شده، برخی از آن از شئ عبور کرده، بعضی جذب و دسته‌ای نیز پراکنده می‌شوند. اگر شئ ناهمگن باشد درجه‌های مختلفی از جذب اتفاق افتاده و در نتیجه مقادیر متفاوتی از پرتو تابش شده از شئ عبور خواهد کرد. این پرتوها فیلم قرار گرفته در پشت شئ را به شکل متفاوتی تحت تأثیر قرار داده و به‌این طریق ناهمگنی جسم ثبت خواهد شد.البته طیف گسترده‌ای از متغیرها از جمله کیفیت و نوع فیلم، ولتاژ و میلی‌آمپر مورد استفاده، زمان تابش، فاصله‌ی شئ تا فیلم، اندازه‌ی نقطه‌ی کانونی، فاصله‌ی

فیلم تا کانون، منبع مورد استفاده در تولید پرتوی ایکس و وضعیت شئ بر تصویر نهایی اثرگذار است (Carr & Riddick, 1990, 35-38).



شکل۱ . ماشین تولید پرتوی ایکس(Carr & Riddick, 1990, 37)

۳- پرتونگاری و آثار هنری

کشف پرتوی ایکس توسط فیزیک‌دان آلمانی ویلیام کنراد رونتگن در سال ۱۸۹۵ .م یکی از مهم‌ترین وقایع علمی و سرآغاز راه پیشرفت و توسعه‌ی بشری بود. در حالی که اولین تصاویر چاپ شده توانایی این شیوه را در زمینه‌ی پزشکی نشان داد، پرتو نگاری با پرتوهای ایکس از مومیایی‌های مصر و پرو، کاربری این روش جهت بررسی‌های باستانشناسانه را به اثبات رساند (Berg & Ambers,2011.368-369). از سال ۱۹۳۰.م به بعد این شیوه ابزاری آزموده شده برای تحقیق و پژوهش در حوزه‌ی آثار هنری به‌کار برده شد.باستان شناسان از این روش برای تجزیه و تحلیل مصنوعاتی به جز بقایای انسانی و حیوانی استفاده کردند. از آن زمان به بعد این شیوه ابزاری قابل اطمینانی برای تحقیق و بررسی در زمینه‌ی نقاشی، فلز، سفالینه‌ها، بافته‌ها، سنگ و کاغذ به‌کار گرفته شد(Jones, 2006, 3). شناسایی وضعیت جسم، روش‌های ساخت، اتصالات، شکستگی‌ها، مرمت‌ها و تزئینات که از متداول‌ترین کاربردهای پرتونگاری ایکس است، آن را به ابزاری ارزشمند در میان مرمت‌گران موزه‌ها و گالری‌ها تبدیل کرده است. هم‌چنین، دستیابی به تجهیزات پیشرفته‌ی علمی در این روش امکان مطالعه‌ی دقیق‌تر میراث فرهنگی را امکان‌پذیر خواهد ساخت.

۴- پرتونگاری و آثار سفالی

اولین کاربرد پرتونگاری با پرتوهای ایکسدر مورد سفالینه‌ها به سال ۱۹۳۵.م بر می‌گردد، زمانی که تی ترینگتون، به‌منظور حصول نسبت مقادیر متفاوت موادناخالصی در تکه سفال‌های به دست آمده از گورستانی در آمریکای شمالی، پرتونگاری از هفت تکه آن‌ها را به چاپ رساند (Ambers & Jones,2009, 137). مطالعات دیگری که در سال ۱۹۴۸ به چاپ رسید، اقداماتی بود که پلندرلیت و دیگ‌بای در موزه‌ی انگلستان به‌منظور شناسایی روش‌های استفاده شده در ساخت بعضی از لوله‌های دست‌ساز آب پاش‌های به دست آمده از پرو انجام دادند. در سال ۱۹۵۴.م ، موس کاربرد پرتونگاری در آشکار کردن جزئیات شکستگی‌ها و مرمت‌های قدیمی را به ثبت رساند. هم‌چنین هینمان در مقاله‌ای به توصیف برخی از کاربردهای اولیه‌ی پرتونگاری در مورد اشیای باستانی پرداخت (Lang & Middleton,2005, 76). اگرچه تنها با چاپ مقاله‌ای بنیادین توسط رای در سال ۱۹۷۷ .م بودکه قابلیت پرتو نگاری با پرتوهای ایکسبرای تحقیق در زمینه‌ی اشیای سفالی به طور کامل درک شد(Berg &Ambers,2011, 369).پس از آن در سال۱۹۹۰، کار و همکارش ریدیک خلاصه‌ای جامع از روش پرتونگاری ایکس و کاربرد آن برای اشیای سفالی به چاپ رساند.پیریت و همکارانش نیز در سال ۱۹۹۶ با استفاده از پرتونگاری ایکس، تخلخل اشیای سفالی را مورد آزمایش قرار دادند(Malainey,2010, 266).در اواخر سال ۱۹۹۰، به دلیل متوقف شدن روش رادیوگرافی خشک[۲] وقفه‌ای طولانی در فعالیت‌های تحقیقاتی به وجود آمد (Berg,2008, 1177). درحال حاضر نیز با دیجیتالی شدن این روش ویژگی‌هایی از قبیل قابلیت دیدن، اندازه، وضوح و رنگ تصاویر بهبود یافته، هم چنین امکان بزرگ‌نمایی و دست‌یابی به تصاویر با کیفیت بالا به راحتی امکان پذیر است.

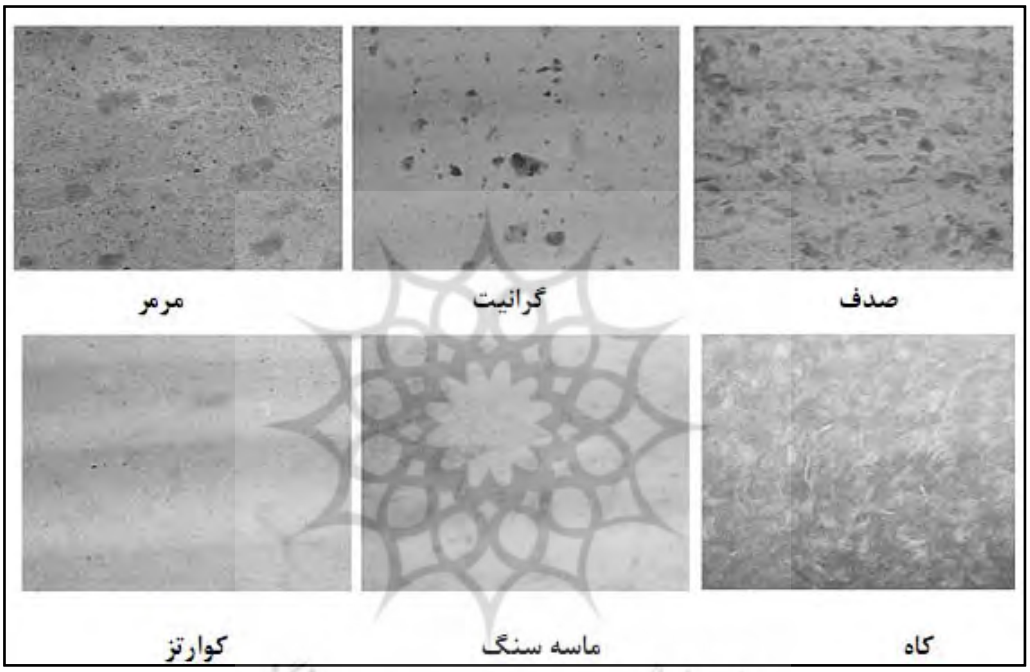
۵-کاربرد پرتونگاری با پرتوهای ایکس

پرتونگاری با پرتوهای ایکس به‌طور معمول جهت شناسایی آثار، ارزیابی وضعیت جسم، آشکار کردن جزئیات مبهم، آشکار کردن ساختار و ترکیب (عیوب ساختاری، مواد مرکب) و نمایان کردن تغییر و تبدیل‌های ایجاد شده در شئ به‌کارمی‌رود (Wellman, 2012, 1).در زمینه‌ی آثار سفالی این شیوه برای مشخص نمودن ساختارهای رسی و شناسایی جزئیات ساخت و تولید(Berg,2008,1177)، شناسایی قسمت‌های مرمت شده و شکستگی‌ها، روش‌های شکل‌دهی اولیه و مشخص کردن اتصال‌های انجام شده در قسمت دسته و لوله به‌کار رفته است.

۵- ۱- مشخص کردن ساختارهای رسی

اگرچه کنتراست طبیعیآثار سفالی پایین است ولی پرتونگارهای مناسب قادرند تا بافت درونی ساختار رسی را در صورت وجود، آشکار سازند(Lang & Middleton, 2005, 78).ناخالصی‌ها(موادی که به‌صورت طبیعی درخاک رس وجود دارند) یا تمپرهایی(موادی که به دلایل مختلف و عمدی توسط سفال‌گر به خاک رس افزوده می‌شوند)(ibid, 79)که چگالی اتمی متفاوتی از خاک رس داشته و از لحاظ اندازه بزرگ تر از ۵/۰ میلی‌متر باشند، با استفاده از پرتو نگاری با پرتوهای ایکسقابل شناسایی‌اند(Berg, 2008, 1186)(تصویر۱).

تحت شرایط مناسب، اندازه، نسبت، تعداد، نوع، مورفولوژی و زاویه‌ی صورت‌های کریستالی تعیین شده می‌تواند کلید راهنمایی برای شناسایی نوع خاصی از ناخالصی‌ها باشد، هرچند که گاهی دسته‌ای از مواد معدنی مثل کوارتز، ماسه سنگ خالص و چرت[۳]، به دلیل ترکیب شیمیایی مشابه اجزا دارای مورفولوژی و چگالی تابش[۴] مشابه بوده و مشکل ساز هستند (Berg,2011, 2)، با وجود این طبقه‌بندی گسترده‌ای از مواد ناخالصی معدنی همانند فلسیک[۵]، مافیک[۶] و شیشه مستثنی هستند. در مقابل، مواد افزودنی آلی از قبیل کاه، چوب، اسفنج، حشرات، دانه‌ها و صدف و فضاهای خالی ناشی از تجزیه‌ی آن‌ها به آسانی قابل تشخیص است(Berg, 2008, 1178). پرتوی ایکس جهت تعیین این که خرده سفال‌های درون یک مجموعه‌ی کوچک می‌توانند متعلق به ظرفی یکسان باشند یا نه کاربرد دارد، علاوه بر این تمپرهای غیرمعمول یا ترکیب‌های مختلف خاک رس به‌کار رفته در ساخت یک ظرف یکسان نیز با به‌کارگیری آن قابل شناسایی است.

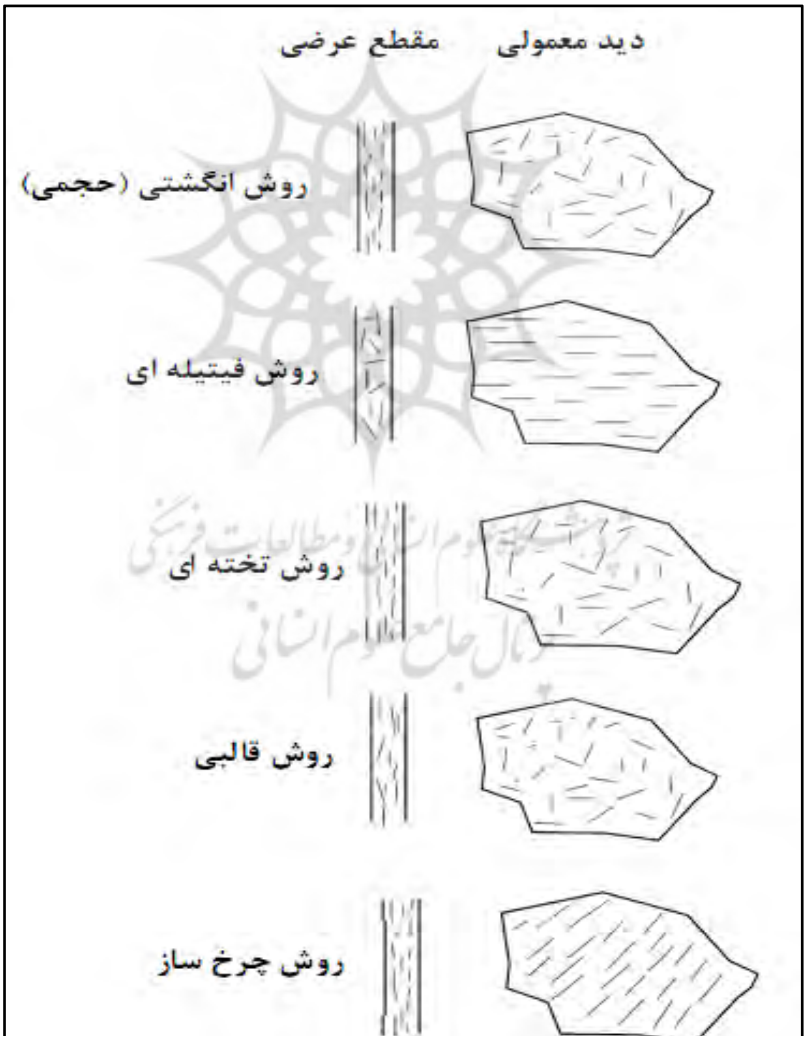


تصویر ۱. تصاویر پرتونگاری برخی ناخالصی‌ها و موادافزودنی معدنی و آلی شناسایی شده در ساختار رسی اشیای سفالی.
(Berg, 2008, 1184)

۵-۲- شناسایی روش‌های فرم‌دهی اولیه

ظروف سفالی می‌توانند با تنوع گسترده‌ای از روش‌های خاص و یگانه یا ترکیبی از دو یا چند روش ساخته شده‌باشند. متداول‌ترین روش‌های ساخت عبارتند از: چرخ‌ساز، فیتیله‌ای، تخته‌ای و قالب‌ساز است (Rice,1987, 2). پرتونگاری با پرتوهای ایکساز ابتدای به‌کارگیری ابزاری قدرتمند جهت شناسایی روش‌های شکل‌دهی اولیه سفالینه‌ها به‌خصوص فیتیله‌ای، تخته‌ای، قالبی، چرخ‌ساز و انگشتی(حجمی) محسوبمی‌شد. رای اولین کسی بود که تشخیص داد اعمال فشار به رس قالب پذیر و نرم سبب شده تا اجزای معدنی، فضاهای خالی و باقی مانده‌های آلی جهت‌گیری خاصی پیداکرده که بر تمام جسم رسی اثر داشته و به‌طور معمول توسط شکل‌دهی‌های ثانویه یا شیوه‌های تزیین از بین نخواهد رفت(Ambers & Jones, 2009,138). درنتیجه شکل و جهت فضاهای خالی و نحوه‌ی قرارگیری و توزیع ناخالصی‌ها به معیارهایی جهت تشخیص روش‌های فرم دهی اولیه توسط پرتونگاری تبدیل شد، زیرا پرتوی ایکس قادر است تا ساختار درونی و

جهت یافتگی ناخالصی‌ها در طول شکل‌دهی اولیه را نشان دهد. به‌طوری که روش انگشتی با قرارگیری ناخالصی‌ها به‌صورت موازی باسطح بدون جهت‌گیری عمودی یا افقی قابل تشخیص(شکل۲،قسمت اول)، روش فیتیله‌ای با جهت‌گیری کاملاً افقی ناخالصی‌ها و فضاهای خالی از دید روبرو(شکل۲،قسمت دوم)، روش تخته‌ای با قرارگیری ناخالصی‌ها به‌صورت موازی باسطح اما فاقد جهت‌گیری خاصی و برجسته (شکل۲،قسمت سوم)، روش قالبی با قرارگیری تصادفی ناخالصی‌ها به‌صورت موازی باسطح(شکل۲،قسمت چهارم) و روش چرخ‌ساز با جهت‌گیری مورب(قطری) ناخالصی‌ها از دید روبرو (شکل۲،قسمت پنجم) قابل تشخیص هستند. به‌طور معمول، موفقیت نسبی در شناسایی روش‌های فرم دهی اولیه اشیای سفالی با استفاده از روش پرتونگاری با پرتوهای ایکس بین ۶۰٪ تا ۸۰٪ است که به عوامل مختلفی مثل مهارت سفال‌گر در اجرای موفق روش شکل‌دهی اولیه، ضخامت ظروف، اجزای ناخالصی(ماده، فرم، اندازه) و فنون شکل‌دهی به‌کار گرفته شده بستگی دارد(Berg,2008, 1179). اگرچه بیشتر ظروف با استفاده از یک روش خاص ساخته شده‌اند ولی نمونه‌های یکتایی نیز وجود دارند که با به‌کارگیری چندین فن متفاوت ساخته شده‌اند و تحت شرایط مناسب، پرتونگاری با پرتوهای ایکسمی‌توان همه‌ی آن‌ها را آشکار ساخت.



شکل ۲. تصاویر پرتونگاری از تأثیر روش‌های مختلف شکل‌دهی اولیه اشیای سفالی بر ساختار درونی و جهت یافتگی ناخالصی‌ها و فضاهای خالی موجود در ماتریکس رسی(Berg,2008, 1178).

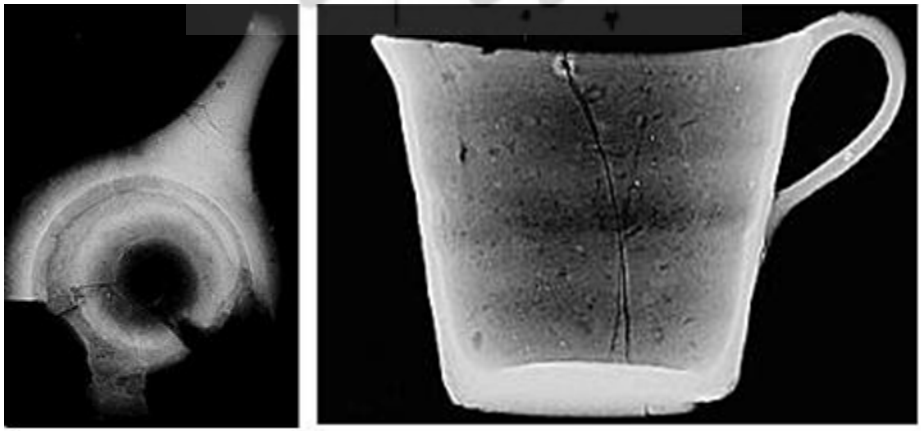
۵-۳- شناسایی قسمت‌های مرمت شده و شکستگی‌ها

برای دیدن اغلب قسمت‌های مرمت‌شده به چشم مسلح نیازی نیست ولی پرتونگاری با پرتوهای ایکس قادر است با توجه به این که معمولاً در روند مرمت از موادی با چگالی اتمی متفاوت از قبیل فلزات استفاده شده، در صورت لزوم سند قابل قبولی را به تصویر کشد. تقریباً تمامی ترک‌ها و شکستگی‌ها همانند ترک‌های ناشی از فرآیند پخت، ترک‌های ناشی از تغییرات دما، شکستگی‌های ناشی از فشار و غیره نیز به وضوح توسط پرتوی ایکس دیده می‌شوند(Berg,2011, 3)، به طوری که بررسی و مطالعه‌ی آن‌ها در برخی موارد می‌تواند درکشف دلایل استفاده‌ی طولانی مدت یا حتی عدم استفاده‌ی ناگهانی برخی ظروف سفالی، با آشکارشدن ترک‌های ناشی از عوامل مختلف که با چشم دیده نمی‌شدند ولی در کاربرد ظروف تأثیرگذار بودند، کارساز باشد (تصویر ۲).

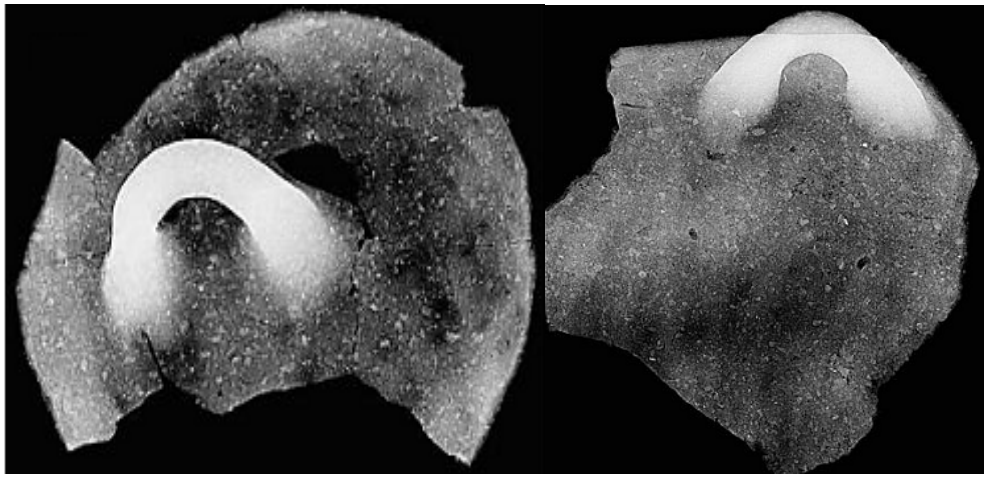
تصویر ۲. نمایان شدن انواع ترک‌ها و شکستگی‌ها (قابل مشاهده یا غیرقابل مشاهده باچشم) در اشیای سفالی با استفاده از تصویر پرتونگار(Ambers & Jones, 2009, plate 21, 22&13).

۵- ۴- اتصال قطعه‌ها و الحاق لوله‌ها و دسته‌ها

به دلیل محبوس شدن هوا در فضای بین قسمت‌های متصل شده، این نواحی اغلب به کمک پرتوی ایکس قابل رؤیت هستند (تصویر ۳). از طرف دیگر فشار اعمال شده بر سطح بیرونی جهت اتصال مانند یک دسته نیز به آسانی درتصویر پرتونگاری مشاهده می‌شود(تصویر ۴)(Berg,2011, 3).



تصویر ۳. نمایان شدن نحوه‌ی اتصال دسته و لوله ظروف سفالی در تصویر پرتونگار به دلیل محبوس شدن هوا در فضای بین قسمت‌های متصل شده(Ambers & Jones, 2009, plate 21&18).



تصویر۴. نمایان شدن نحوه‌ی اتصال دسته‌ی ظروف سفالی در تصویر پرتونگار به دلیل فشار اعمال شده بر سطح بیرونی جهت اتصال دسته‌ی ظرف(Ambers & Jones, 2009, plate16).

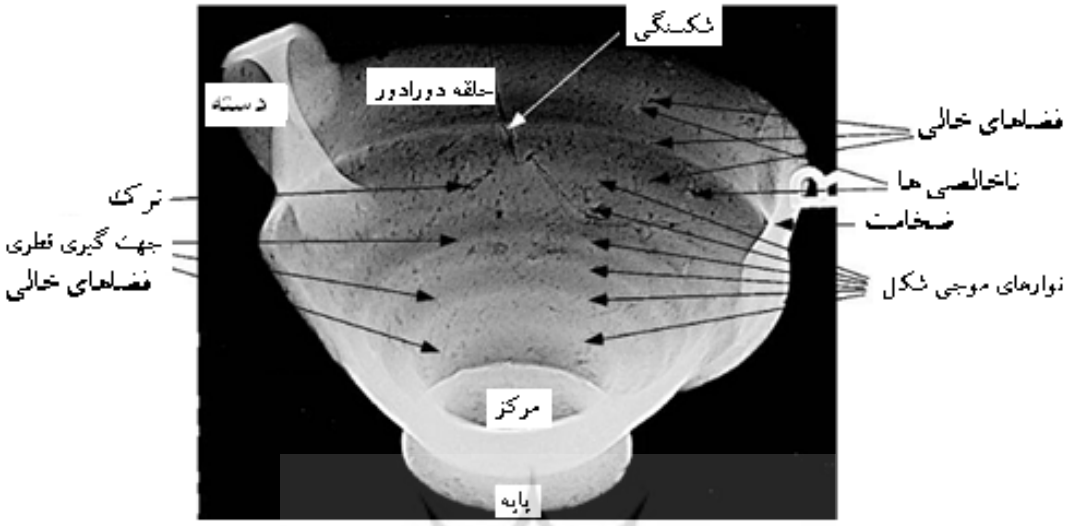
۵-۵- تشخیص چرخ‌ساز بودن سفالینه‌ها

در حالی که ظروف سفالی تحت دو عنوان دست‌ساز یا چرخ‌ساز مطرح می‌شوند، ظروف چرخ‌ساز نیز در دو گروه ساخته شده با چرخ سفال‌گری یا شکل داده شده با چرخ سفال‌گری طبقه بندی می‌شوند. در گروه اول چرخ سفال‌گری تنها ابزار شکل‌دهی ظروف محسوب می‌شود و در گروه دوم ظروف به روش فیتیله‌ای ساخته شده و چرخ سفال‌گری به‌منظور شکل‌دهی و بهبود فرم نهایی به‌کارمی‌رود (شکل ۳).

شکل ۳. استفاده از روش فیتیله‌ای جهت ساخت شئ سفالی و به‌کارگیری چرخ سفال‌گری به منظور شکل‌دهی و بهبود فرم نهایی(Berg, 2013,10).

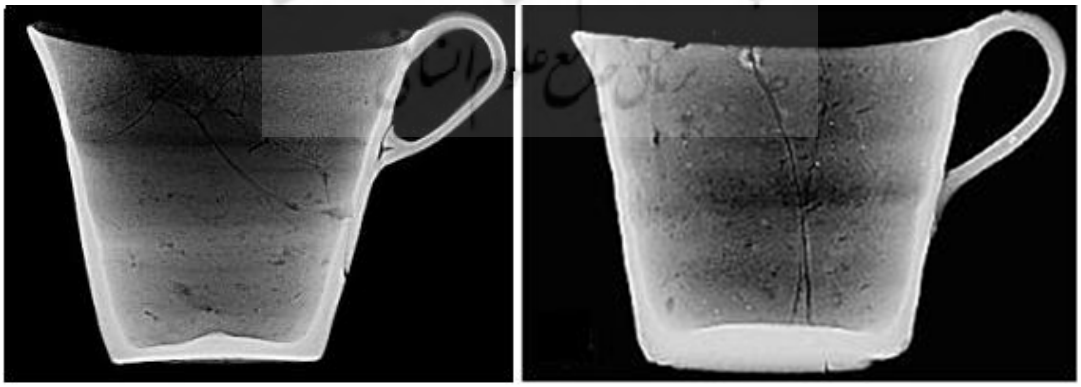
وجود خطوط، شیارهای کوچک و نوارهای موجی شکل ممتد در اطراف دیواره‌های داخلی یا خارجی (یا هردو) ظروف، خط بندی‌های هم‌مرکز در سطح زیرین ظرف، موج‌های اطراف گردن ظروف، شکل خاص ترک‌ها(به شکل s) و الگوهای چپ و راستی حاصل از حرکت و کشیدن رو به بالای ظروف در قسمت گردن از ویژگی‌های ظروف چرخ‌ساز است(Courty& Roux, 1995, 17-18).ظروف ساخته شده با چرخ سفال‌گری

نیز به دلیل استفاده‌ی سفال‌گر از یک انرژی جنبشی چرخشی جهت بالا کشیدن و شکل دادن، خصوصیات ظروف چرخ‌ساز را دارد (Berg,2008, 1181) و اثر ناشی از کشیده شدن ظرف به سمت بالا در طول فرآیند تولید به شکل قرارگیری مورب فضاهای خالی و ترک‌ها در تصویر پرتونگاری با پرتوهای ایکسنمایان است(تصویر ۵)(Berg, 2013, 10).

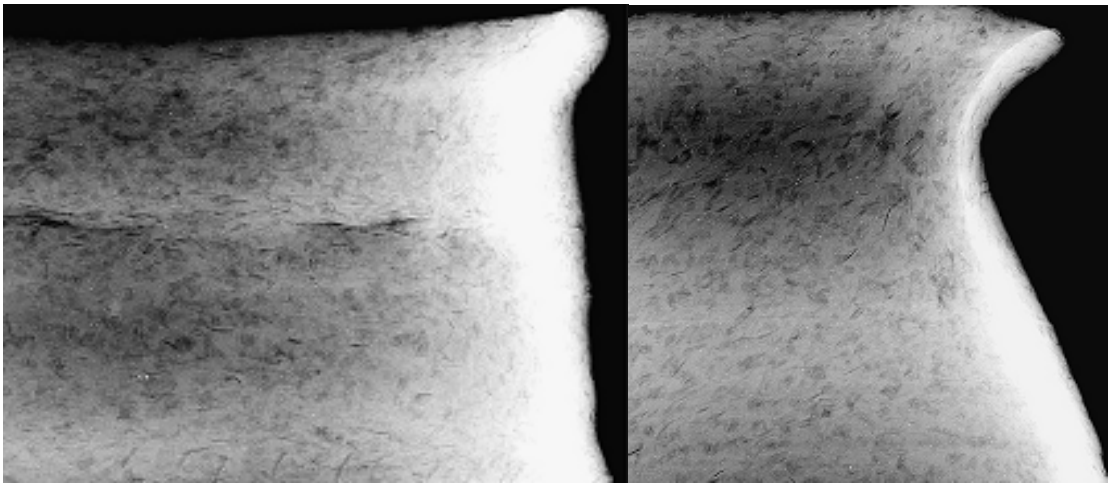


تصویر ۵. وجود نوارهای موجی شکل در اطراف دیواره داخلی، حلقه‌های اطراف ظرف و جهت‌گیری قطری فضاهای خالی و ترک‌ها در تصویر رادیوگرافی ظروف چرخ‌ساز(Ambers & Jones, 2009, plate9).

ظروف شکل داده شده با چرخ سفال‌گری به جهت وجود نوارهای موجی شکل اغلب با ظروف چرخ‌ساز اشتباه می‌شوند (تصویر ۶). ولی در ظروف شکل داده شده با چرخ سفال‌گری، اگر انرژی جنبشی چرخشی در آخرین مراحل روند شکل‌دهی به‌کار رفته باشد، با استفاده از تصویر رادیوگراف با پرتوی ایکس این ظروف قابل شناسایی هستند؛ زیرا ماتریکس رسی تغییرات ناشی از شکل‌دهی با روش فیتیله‌ای را حفظ می‌کند(تصویر ۷) و همان طور که قبلاً اشاره گردید، در این روش جهت‌گیری‌ها کاملاً افقی ناخالصی‌ها و فضاهای خالی از دید روبرو است(تصویر ۸).



تصویر ۶. شباهت تصویر پرتونگار ظرف چرخ ساز (سمت راست) با ظرف شکل داده شده با چرخ سفال‌گری(سمت چپ) به دلیل وجود نوارهای موجی‌شکل(Ambers & Jones, 2009, plate12& 18).



تصویر ۷. تصویر رادیوگراف از قرارگیری افقی ناخالصی‌ها درون ساختار رسی ظرف شکل داده شده باچرخ سفال‌گری (سمت راست) و قرارگیری مورب ناخالصی‌های درون ساختار رسی ظرف چرخ‌ساز(سمت چپ)(Berg,2008, 1182).

تصویر ۸. قرارگیری افقی فضاهای خالی و ناخالصی‌ها در تصویر رادیوگراف ظرف ساخته شده به روش فیتیله‌ای.
(Ambers & Jones, 2009, plate9)

۵- ۶- شناسایی شیوه‌های فرم‌دهی ثانویه

فنون فرم‌دهی ثانویه از قبیل خراش، تراش، پرداخت و عملیات تکمیلی سطحی به دلیل تغییر شکل جزیی ماتریکس رسی از طریق پرتونگاری با پرتوهای ایکسقابل شناسایی نبوده و بیشتر به کمک مشاهده‌ی بصری تشخیص داده می‌شوند. البته شیوه‌های مشته‌ای که با ضربه زدن روی گل درون یک قالب شکل‌دهی انجام می‌شود، استثنا است، زیرا فشار قابل توجهی که در این روش‌ها جهت شکل‌دهی به‌کاربرده می‌شود می‌تواند تمام ویژگی‌های فنون فرم‌دهی اولیه که از طریق پرتونگاری با پرتوهای ایکس قابل مشاهده است را محو کند و خود قابلیت ظهور در تصویر پرتونگاری را پیدا کند (Ambers & Jones,2009, 138-139).

٦- نتیجه‌گیری

پرتونگاری ایکس در آثار سفالی روشی دستگاهی است که اطلاعات مفیدی همانند جهت‌گیری ناخالصی‌ها و فضاهای خالی درون ماتریکس رسی، پدیدار شدن موادافزودنی موجود در ساختار رسی، نمایان ساختن بخش‌های الحاقی ظروف به دلیل فشارهای اعمال شده یا محبوس شدن هوا در فضاهای خالی مابین قسمت‌های اضافه شدهرا آشکار می‌سازد، که هرکدام همانند اثر انگشتی جهت تشخیص شیوه‌ی ساخت شئ سفالی به‌کاربرده می‌شود و از اهمیت بالایی برخوردار است.از طرفی غیرمخرب بودن این روش عامل مهمی در استفاده از آن است. ولی با توجه به این که روش مورد بررسی برمبنای تغییرهای ماتریکس رسی سفالینه‌ها شکل گرفته، در بعضی از موارد از جمله بیشتر روش‌های فرم دهی ثانویه و درمان‌های سطحی که تغییرهای جزیی را در برمی‌گیرند؛ کارایی لازم را ندارد. به همین دلیل سنجیده‌تر است که روش پرتونگاری ایکس ابزار تکمیلی مناسبی در کنار تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی، مطالعات سنگ شناسی و بازرسی‌های بصری جهت پیش‌برد دانش بشری در زمینه‌ی مطالعه و بررسی بیشتر و بهتر آثار سفالی به‌کار برده شود.

سپاسگزاری

نویسنده این مقاله از جناب آقای اصلانی به خاطر راهنمایی‌های اررزنده‌شان کمال تشکر و قدردانی را دارد.

پی نوشت‌ها

[۱]. چگالی اتمی،توصیف تعداد اتم‌ها در واحدحجم است. این مقدار برای هرماده متفاوت است،زیرا تعداد اتم‌های هر عنصر منحصر به فرد است.

[۲]. سیستمی که در آن تصویری نامرئی بر یک صفحه‌ی باردار الکترواستاتیکی ایجاد شده و از این تصویر، برای ایجاد تصویر دایمی بر روی کاغذ استفاده می‌شود، به رادیوگرافی خشک شهرت دارد.

[۳]. سنگ ریز دانه و سخت که بیشتر آن از سیلیکا است.

[۴]. انرژی عبور کرده از واحد سطح در واحد زمان را گویند.

[۵]. نوعی سنگ آذرین که بیشتر آن فلدسپار و کوارتز است.

[۶]. سنگ‌های آذرینی که دارای منیزیم و آهن زیاد و سیلیکای کم است.

منابع

Ambers, J. & Jones, R. (2009).X-radiography of Kossian Bronze Age vessels: assessing our knowledge of primary forming techniques. *Annual of the British School at Athens* 104, pp137-173.

Berg, I. &Ambers.J. (2011). Identifying forming techniques in Knossian Bronze Age pottery: the potential of X-radiography. *EtairiaKritikonIstorikonMeleton*, pp. 367-380.

Publication Name: Proceedings of the 10th International Cretological Congress, Chania, 2006

Berg, I. (2008). Looking through pots: recent advances in ceramics X-radiography.*Journal of Archaeological Science* 35, pp. 1177-1188.

Berg, I. (2011). Exploring the chaîneopératoire of ceramics through X-radiography. *Archaeological Ceramics: A Review of Current Research. BAR International Series, 2193*.

Berg, I. (2013). What's in a forming technique? An investigation into wheel-throwing and wheel-coiling in Bronze Age Crete.*The Old Potter's Almanack*, *16*(2), 9-12.

Carr, C. & Riddick Jr., E.B. (1990). Advances in Ceramic Radiography and Analysis: Laboratory Methods.*Journal of Archaeological Science*, Vol 17, pp. 35-66.

Courty, M. A., & Roux, V. (1995).Identification of wheel throwing on the basis of ceramic surface features and micro fabrics.*Journal of Archaeological Science*, *22*(1), pp. 17-50.

Fell, V. (1995). X-radiography and archaeometalhrgy.Institute of Archaeology, Oxford.

Ingold, B.J. (2012).Selecting a Nondestructive Testing Method, Part IV: Radiography. The AMMTIAC Quarterly, Vol 2, Number2, pp. 7-10.

Jones, D. M. (2006).Guidelines on the X-radiography of Archaeological Metalwork.*English Heritage*.

Lang, J., & Middleton, A. (2005).*Radiography of cultural material*.Routledge.

Rice, P.M. (1987). Pottery Analysis: A Sourcebook. University of Chicago Press, Chicago.

Wellman, H. (2012). X-radiography as conservation Assessment Tool for Archaeological Collections.Maryland Archaeological Conservation Laboratory.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی