

صنایع فلزی در ایران باستان

گردآورده

فرخ فرحان

استاد دانشکده فنی

در پنجاه سال گذشته نوع فلزاتی که در آثار هنری روزگاران کهن بکار رفته است توجه دانشمندان و باستان‌شناسان را بخود جلب کرده و ترکیب شیمیایی و نیز منشاء و محل استخراج آنها در چند کشور به اصول علمی بررسی شده است. در این میان روش سبکتراگرافی نشری (طیف نگاری نشری) برای این گونه بررسی‌ها مناسب‌تر از طرق دیگر تشخیص داده شده و امروزه در ۱۰۰ واندی مؤسسه و آزمایشگاه از چند کشور پیشرفته آثار مسین کشف شده در خاورمیانه را به روش تجزیه طیف نگاری آزمایش می‌کنند و به جرأت می‌توان گفت که همراه با متالوگرافی (فلز نگاری) هیچ رشته دیگری از علوم جدید تا این حد به باستان‌شناسی و شناسایی جهان قدیم و روشن شدن منشاء و ماهیت آثار مکشوفه یاری نکرده است.

در سده نخستین پس از زایش مسیح جنس فلزاتی که بشر در ساختن اشیاء مورد نیاز خود بیشتر بکار می‌برد سبناق تقسیم تاریخ به چند عصر یا روزگار گردید. دو دانشمند از دوفرهنگ دور افتاده یکی لوکرس Lucretius نویسنده کتاب De Natura Rerum و دیگری یوان کانگ Yuan Kang نویسنده چینی از دوران سلسله شاهان Han تاریخ بشر را به سه عصر بخش کردند یکی روزگار سنگ (عصر حجر)، دیگری روزگار مس (یا مفرغ) و سومی عصر آهن.

برای بهره‌وری از فلزات انسان در ابتدا زریا مس طبیعی و خالص و یا آهن خالص آسمانی را چکش کاری کرد. سپس گداختن و ریختن فلز را در قالب‌های روباز فرا گرفت و سرانجام طریقه بدست آوردن و استخراج آنرا از سنگ‌ها و کانی‌ها یاد گرفت. با گدازگری کانی‌ها Smelting بشر توانست فلزات را به مقادیر بزرگ و به پیکر جسم جلادار، چکش‌خوار (قابل تورق) و مفتول شونده تهیه کند. با ظهور گدازگری نه تنها مس که نخستین فلز صنعتی بشمار می‌آید فراوان گردید بلکه بشر روش‌های گداز نوینی پدید آورد

که سبب کشف سرب، نقره، قلع و آهن یکی پس از دیگری گردید. برخی از کانی‌های مس محتوی ناخالصی‌هایی مانند آرسنیک و آنتیموان بودند که سبب سختی آن می‌شدند. پس از آزمایش‌های زیاد سرانجام بشر قلع را برای تهیه آلیاژ مس بکار برد و مفرغ بدست آمده خواص بهتری از مس خالص از خود نشان داد.

کوشش‌های دشوار و پیچیده‌ای که طی آن بشر استخراج فلزات از سنگها و ریخته‌گری و همبسته کردن آنها را فراگرفت موجب پیدایش صنعت متالورژی گردید. کشف فلزات در هزاره ششم قبل از میلاد آغاز شد و در هزاره دوم به تکامل رسید. این اکتشافات دربخشی از دنیای قدیم که از آناتولی غربی و مرکزی شروع و از دامنه‌های کوهستان توروس Taurus ورشته کوه‌های زاگرس گذشته به کرانه‌های کویر مرکزی ایران می‌رسد عملی گردید.

دوره بعد از یخبندان در آسیای جنوب غربی بویژه پس از هزاره هشتم ق. م. (قبل از میلاد) دوران کشفیات و بهره برداری از عوامل طبیعت بود. در این دوره مردمانی که در دامنه‌های توروس، زاگرس و البرز زندگی می‌کردند رام کردن دامها و کاشتن گیاهان سودمند را یاد گرفتند و با استفاده از آتش و خاک یک انقلاب صنعتی را آغاز نهادند.

شرایط محیط برای پیدایش متالورژی و صنایع فلزی در دشت‌های نیمه خشک فلات ایران و فلات آناتولی مناسب‌تر از نقاط دیگر بود زیرا در این نواحی کانی‌های گوناگون و فراوانی وجود دارد که هنوز هم از آنها بهره برداری می‌شود. در صنایعی که با استفاده از آتش به وجود آمد مانند کوزه‌گری، آجرپزی و لعاب‌کاری قبلاً صنعتگران از نقطه ذوب سرب گذشته به درجاتی نزدیک نقطه گداز مس رسیده بودند و بهره‌مندی از آتش سوخت‌های گوناگون را آموخته بودند. نزدیکی منابع معدنی به محل تولید سوخت‌ها در کوهستان‌های این دو فلات بهترین شرایط را برای استخراج و گداز فلزات فراهم می‌کرد. برخلاف عقیده عموم جنگل‌های انبوه کرانه‌های دریای خزر مه‌پیدایش متالورژی نمی‌باشد زیرا در این نقاط کانی‌های فلزی یافته نمی‌شود. بالعکس در دشت‌های نیمه خشک ایران مرکزی و آناتولی مرکزی کانی‌ها و سنگ‌های جوراجور فراوان است. مثلاً شیشه معدنی (ابسیدین) و لاجورد برای نخستین بار در این کویرها استخراج شده است. خوشبختانه در این دشت‌ها دو گونه گیاه می‌روید که در گذشته فراوان تر بودند و از چوب آنها بهترین احیا کننده جهت متالورژی حاصل می‌شود یکی از اینها پسته کوهی و دیگری گیاه تاغ است که به لاتین *Haloxylon ammodendron* نامیده می‌شود و به شکل علف شوره است. هنوز هم پسته کوهی و سفید تاغ در دشتهای ایران مرکزی یافته می‌شود که از چوب آنها زغال درست می‌کنند.

نخستین اشیاء فلزی :

هرچند از ده « چاتال هویوک » نزدیک قونیه (ترکیه) لوله های مسین قدیمتری بدست آمده است به نظر Theodore A. Wertime ایرانشناس امریکائی کهن ترین اشیاء فلزی که تا کنون کشف شده از کاوش های تپه سیالک Sialk واقع در نزدیکی کاشان بوده است و زمان آنها به آغاز یا میانه هزاره پنجم قبل از میلاد می رسد . این کشفیات نشان می دهد که در هزاره پنجم ، سرب ، نقره و زر در نقاط مختلف ایران شناخته شده بود .

در اینجا ذکر نتایج تجزیه سپکتر و گرافیک دو نمونه از اولین آثار بدست آمده از سیالک جالب خواهد بود . این آزمایش جهت آقای عزت الله نگهبان (موزه ایران باستان) توسط Cyril Stanley Smith استاد دانشگاه M.I.T. به سال ۱۹۶۳ انجام یافته است . دوشیئی مسین یکی تکه ای از یک سنجاق (آثار سیالک ، ۱۳۸۱ ، شماره گذاری گیرشمان) و دیگری قسمتی از یک پیکان (آثار سیالک ، ۱۴۲۵ ، شماره گذاری گیرشمان) را به روش سپکتر گرافی و متالوگرافی آزمایش کردند . در جدول زیرین نتایج حاصل بهمراهی تجزیه مس خالص طبیعی که از معدن « تل مسی » واقع در انارک بدست آمده ذکر شده است . مقادیر نسبی وزنی به ترتیب زیر نمایش داده شده :

الف- ۵۰ تا ۱۰۰٪	ب- ۱۰ تا ۱٪
ج- ۰.۱ تا ۱۰٪	د- ۰.۰۱ تا ۰.۰۱٪ (یعنی ۱۰ تا ۱۰۰ ppm)
ه- ۰ تا ۱ ppm	و- ۱ تا ۵ ppm
ز- کمتر از یک ppm ،	صفر یعنی دیده نشد .

نکته مهم اینست که هیچ عنصری به مقدار ۱ تا ۵۰٪ یافته نشد یعنی به جز مس عناصر دیگر ناخالصی محسوب می شود .

از روی خلوص نسبی ، شباهت بین مقدار ناخالصی ها و ساختمان میکروگرافیک هر یک از نمونه ها چنین به نظر می رسد که هر دوشیئی از مس خالص طبیعی منطقه کاشان ساخته شده است . از سوی دیگر بعید می نماید که توانسته باشند از مالا کیت یا کوپریت در آن زمانه مسی به این خلوص تهیه کرده باشند .

بررسی متالوگرافیک نشان میدهد که سنجاق سیالک چکش کاری و باز پخت شده و سپس دوباره کوبیده شده است . همچنین قطعه پیکان را نیز دوباره گداخته ، در قالب ریخته و سرانجام باز پخت کرده اند . از این مطالعات چنین برمی آید که در نقطه استراتژیک سیالک هنر متالورژی روش ابتدائی چکش کاری سرد را پشت سر گذاشته به مرحله کامل تری رسیده بود .

جدول ۱- تجزیه دوشیمی مسین از آثار سیالکک و یک نمونه ازمس خالص انارک

علامت اختصاری عنصر	پیکان	سنجاق	مس خالص (ازتل مسی)
Cu	الف	الف	الف
As	.	.	.
Sb	ج	.	.
Pb	د	.	.
Ag	د	د	ب
Ni	د	.	.
Fe	د	د	د
Co	.	.	.
Tl	.	.	ه
Si	د	د	د
Mo	.	.	.
Bi	د	ز	ز
Mg	ه	ه	د
Mn	.	.	و
Ca	د	د	ج
Al	.	ه	ز
Zn	.	.	ج

تکامل صنعت متالورژی :

در بهره برداری از مس خالص طبیعی بشر چهار مرحله زیرین را یکی پس از دیگری گذرانید :

۱- چکش کاری - نخستین استفاده از مس طبیعی به این طرز بود که تکه های کوچک و دست چین مس را در سرما با پتکه های سنگی کوبیده به شکل دانه ، درفش ، سنجاق یا حلقه درمی آورند . Cyril S. Smith که نام بردیم توانسته است با چکش کاری سرد مس طبیعی ایران اشیائی به اشکال بالا بسازد .

۲- بازپخت - با گرم کردن مس در آتش این فلز نرم تر شده چکش خواری و قابلیت تورق آن بیشتر می شود و اشکال ظریف تری بخود می گیرد . این مرحله بعداً به ذوب و آب کردن مس انجامید .

۳- گداز به شکل توده Puddle Casting در این مرحله فلز کار کشف کرد که ذرات ذوب شده مس بهم چسبیده یکپارچه می شود و باین طریق از خرده ریزه های مس استفاده کرده ذخایر موجود را افزایش داد .

۴- ریخته گری در قالب روباز - با مشاهده فلز گداخته که در شکاف های آتشدان به اشکال مختلفی سرد شده بود فلز کار ، ریخته گری در قالب های روباز را که سنگی یا گلی بودند آموخت . برای ریختن فلز در این قالب ها قبلاً آنها در بوتۀ گلی ذوب می کردند . به این ترتیب اشیاء فلزی به اشکال گوناگون ساخته شد و زمان لازم از چکش کاری و باز پخت کوتاه تر بود .

گداز گری کانی ها - همزمان با شکل دادن به فلزات و گداز آنها هنرمند نخستین راه دیگری را دنبال می کرد . وی اثر آتش را بر روی کانی ها ، گل رس و سایر موادی که در دسترس او بود آزمایش می کرد بویژه با اختراع دم توانست آتش را تندتر سازد . در هزاره پنجم و چهارم پیش از میلاد مردمان ساکن فلات ایران و فلات آناتولی توانسته بودند آتش هائی درست کنند که با حرارت آن مس را ذوب کرده و بیشتر کانی ها حتی سنگ آهن را احیا کنند . در بوتۀ زارها و دشت های فلات چوبهای سخت فراوان بود . مثلاً زغال پسته کوهی احیا کننده خوبی برای متالورژی است و تاغ خشک به حالت زغال شده بهتر است و خاکستر کمی از خود باقی می گذارد .

در زمان نامعلومی گداز گران بهنگام آزمودن کانی ها و سنگ ها پی بردند به اینکه برخی سولفورهای طبیعی محتوی مس ، سرب ، نقره یا روی است و استخراج این فلزات را از کانی های کم عیار که هنوز هم مورد استفاده است آغاز کردند . گداز گران رفته رفته روش های تشویه Roasting ، Matting و تصفیه با آتش را فرا گرفته گوگرد ، آهن و سیلیس کانی ها را از فلز خارج کردند .

به عقیده F. C. Thompson « مفرغ » های ناخالصی که در میان آثار هزاره چهارم ق. م. دیده می شود از کانی های سولفوری بدست آمده است و از اینرو مقداری آرسنیک ، آنتیموان و نظایر آن وارد فلز شده است که این ها را به روش سپکتروگرافی شناخته اند . تا هزاره سوم ق. م. تعدادی از این ناخالصی ها بجز قلع در این « مفرغ » ها یافته می شود تا اینکه بالاخره قلع بعنوان بهترین فلز برای ساختن آلیاژ مس شناخته شد . بعد از آن تاریخ این گونه عناصر خارجی به تدریج در مفرغ های سکشفه کاهش پیدا کرده و سرانجام مفرغ های خالصی که فقط حاوی مس و قلع بودند ساخته شد و این پیشرفت در نتیجه تکامل گداز گری بوده است .

دیده می شود که پس از کوشش های زیاد در حوالی سال ۳۰۰۰ پیش از میلاد قلع را به نسبت

وزنی یک برده به فلز مس افزوده سختی و قابلیت گداز آنرا افزایش دادند و از این زمان قالب های سنگی دوارچه و قالب های گل پخته در ریخته گری بکار رفت .

مراکز صنایع فلزی :

از ۴ سال پیش که پژوهش درباره صنایع فلزی باستان و نقاط تمرکز آنها در ایران آغاز شده است تا کنون نکات تاریک بسیاری روشن شده است ولی هنوز هم مراکز اصلی معادن آن دوره و نقاط گدازگری کانی های حاصل بطور قطع معلوم نشده است .

بدین منظور بررسی کان های قدیمی ، توده های سرباره در پیرامون آنها و تجزیه شیمیایی همه آثار فلزی مکشوفه کار بجایی خواهد بود . روش های معمولی تجزیه برای تعیین مقادیر ناچیز ناخالصی ها که از روی آن « کانی مادر » شناخته می شود دقت و حساسیت کافی ندارد . در موارد بسیار نادر مانند شبه جزیره سینا یک سنگنبشته یا کتیبه باستانی نوع توده سرباره و مبداء آنرا معلوم کرده است ولی برای متالورژیست آثار خاورمیانه تا کنون بهترین وسیله جستجوی ناخالصی نیکل ، آنتیموان و چندتای دیگر بوده است که از روی آنها خاستگاه و نقطه استخراج مس بکار رفته را تخمین زده است .

به عقیده Theodore A. Wertime در فلات ایران مهمترین مرکز کان های قدیمی ناحیه انارک - نخاک می باشد که با تپه سیالک که بزرگترین گنجینه آثار فلزی ایران باستان از کاوش های آن بدست آمده بیش از ۱۰ کیلومتر فاصله ندارد .

در انارک و پیرامون آن مقادیر زیادی از کانی های مس ، سرب ، روی و نیکل یافت می شود و تپه های سرباره فراوان است . همچنین از یک معدن نخلک از عمق دومتري سنگنبشته ای بدست آمده است که تا کنون خط آن خوانده نشده است . در معدن تلمسی در انارک هنوز مس خالص طبیعی موجود است که تجزیه شیمیایی آن با آثار مکشوفه از سیالک مطابقت دارد . بطوریکه از جدول شماره ۱ هویدا است .

در انارک به همراه سولفور مس اکسید و کربنات آن نیز یافته می شود . تاسی سال پیش هنوز روش گدازگری کهن برای تهیه مس در آنجا متداول بود . در معدن مخلوطی از سولفور و اکسید مس را بدست استخراج کرده پس از کوبیدن آنرا به ملایمت تشویه می کردند . سپس آنرا در کوره های کوچک دومتري احیا کرده مسی به خلوص ۹۷ تا ۹۸٪ بدست می آوردند .

در انارک در مجاورت معادن مس رگه های نیکل و سرب نیز دیده می شود . از سوی دیگر در نمونه های مختلف آثار فلزی خاورمیانه مربوط به هزاره چهارم و سوم ق . م . وجود این دو فلز به مقدار اندک و به صورت ناخالصی به ثبوت رسیده است . از اینرو این عقیده که نخستین مرکز استخراج مس و سرب در کویر مرکزی ایران می باشد قوت گرفته است و بجا است که با پژوهش و کاوش بیشتری بطور یقین اثبات شود . بطوریکه

گفته شد دشت‌های مرکزی ایران از گیاهانی مانند پسته کوهی و سفید تاغ پوشیده بود که خود یازغال آنها احیاکننده‌های مناسبی برای کانی‌ها هستند. متأسفانه از آغاز قرن بیستم این دو گیاه کویری رو به نیستی نهاده است. همچنین توده‌های بزرگ سرباره‌های مس و سرب نشان میدهد که معادن انارک سابقه چند هزارساله دارد. بهره‌برداری از آنها با تأسیس مراکز صنعتی باستانی مانند سیالک، تپه حصار (نزدیک دامغان) و چشمه علی (نزدیک شهر ری) بستگی دارد و آثار فلزی بدست‌آمده از این سه مرکز مربوط به آغاز هزاره پنجم تا ابتدای هزاره چهارم ق. م. است.

در اواخر هزاره سوم مس را از ماگان Magan و ملوها Melluha که نتاطی در کرانه خلیج فارس یا دریای سرخ بودند به بین‌النهرین می‌آوردند. پس از آن کسانهای دیلمون (یا Telmun) در بحرین بهره‌برداری شد.

مطلب مهم دیگر منشاء فلز قلع است که در مفرغ‌های بدست‌آمده از هزاره سوم به بعد دیده می‌شود و هنوز مبهم و تاریک مانده است در حالیکه تاریخ نوسان و آثار متعددی ایران را به عنوان اولین محل پیدایش این فلز معرفی می‌نمایند. مثلاً در سنگ‌نبشته‌های شهر باستانی اور (Ur III) واقع در جنوب بین‌النهرین به واردات قلع از مرزهای ایران اشاره شده و نیز در شهر ماری Mari که در سده ۱۸ قبل از میلاد در کرانه فرات برپا بوده است ذخایر بزرگی از قلع ایلام وجود داشته است. بجا است که زمین‌شناسان ایران نوشته‌های حمدالله مستوفی را در کتاب نزهة القلوب جدی تلقی کنند. وی چنین گوید: «در معدن بمان رود لرستان کوچک پاره‌های قلع باشد به شکل بلوط هریک کمابیش دوشمال و هریک را سوراخی در میان». باید گفت در نتاطی که سترابون جغرافی‌دان یونانی (نزدیکی عشق‌آباد) و مارکوپولو جهانگرد ونیزی (کوه بنان در کویر مرکزی) به وجود معادن قلع اشاره کرده‌اند تا کنون اثری از این فلز بدست نیامده است.

صنایع فلزی در دوره هخامنشی:

با آغاز شاهنشاهی هخامنشی که نخستین امپراطوری جهانی بوده و بیشتر خاورمیانه امروزی را در برداشت روابط بازرگانی میان ملل آسیای جنوبغربی که زیر پرچم هخامنشی اندر آمدند فزونی گرفت و از هر استانی بهترین فلز و مصنوعات فلزی به سوی شوش و تخت جمشید روانه گردید. اینک گزینه‌ای از نوشته‌های رمان‌گیرشمان ایرانشناس معروف فرانسوی را در اینجا می‌آوریم:

داریوش شاه در لوح بنای کاخ شاهنشاهی شوش چنین گوید:

«چوب سرو را مردم آشور از کوهی به نام لبنان آوردند و مردم کاریه و یونیه آنرا از بابل به شوش آوردند. چوب Yaka از قندهار و کرمان آورده شد. زر را از باختر و سارد آوردند و آنرا اینجا کار کردند. سنگ قیمتی لاجورد و عقیق (Carnelian) از سغد آورده شد و در اینجا آنرا کار کردند. سنگ پربهای فیروزه

را از خوارزم آوردند و در اینجا کار کردند. نقره و آبنوس را از مصر آوردند. تزئیناتی که با آن دیوارها را آراستیم از یونیه آورده شد. عاجی که در اینجا کار کرده شد از حبشه، سند و آراکوزی آورده شد. زرگرانی که طلا را کار کردند مادی‌ها و مصریان بودند. مردمانی که آجر پخته کار کردند بابلیان بودند. مردانی که دیوارها را تزئین کردند مادی‌ها و مصریان بودند.»

از این نوشته‌ها چنین برمی‌آید که شوش در آن زمان مرکز فلزکاری و تراش سنگ‌های پربها بوده است. در جای دیگر گیشمان چنین نوشته:

« شاهنشاهی از نظر فلز و جوب نیازی به بیگانگان نداشت. از قبرس نقره، مس و آهن بدست می‌آمد. آسیای کوچک مس و نقره تولید می‌کرد و این دو فلز از فلسطین نیز می‌آمد. مس و آهن را از لبنان و دره‌های دجله و فرات علیا می‌آوردند. استان کرمان طلا و نقره تولید می‌کرد. سیستان از جهت قلع مشهور بود و قفقاز جنوبی از برای نقره و آهن.»

« علاوه بر طلا و نقره مفرغ نیز نقش مهمی در فلزکاری تزئینی داشت. مفرغ را نه تنها برای تزئینات اثاث خانه بکار می‌بردند بلکه برای ساختن مجسمه و پیکره‌های کوچک از آن استفاده می‌کردند. برخی از این مجسمه‌ها را به عنوان پایه مبل بکار می‌بردند. اگر چه این مصنوعات مفرغی بطور صنعتی تهیه می‌شد برخی از آنها جنبه هنری داشت.»

« طرف و گلدان‌های فلزی که در تشریفات و آیین‌های تخت جمشید بکار برده می‌شد از استانهای مختلف شاهنشاهی بود. بر طبق یک رسم کهن ایرانی دسته‌های این ظروف به شکل حیوانات بود. معمولاً سرد و حیوان رو بر بوده و در حال غرش به یکدیگر از طرف و محتوی آن پاسداری می‌کردند. موتیف‌های حیوانی در استانهای مختلف متداول بود و هر ناحیه شیوه ویژه‌ای داشت.»

« درهای کاخها و مبل‌های قیمتی از صفحات طلا پوشیده می‌شد که آنرا به روش repoussé کار کرده بودند یعنی ورق نازک فلزی را روی زمینه نرم و قابل ارتجاعی نهاده قالب را روی آن می‌کوبیدند و نقوش برجسته‌ای از موجودات حقیقی یا افسانه‌ای بدست می‌آوردند. همچنین مفرغ را نیز به شکل ورق درآورده با قلم (burin) حکاکی می‌کردند. هنرمندان دوره هخامنشی در نمایش شکل جانوران به دو طریق بالا و نیز با روش‌های دیگر به مرحله‌ای از تکامل رسیدند که در تاریخ هنر ایران سابقه ندارد.»

منابع

در نوشتن این مختصر بویژه از مقاله تئودور ورتایم خاورشناس امریکائی در مجله Science امریکا

استفاده شده است:

1—Theodore A. WERTIME , Science , 146 , (1257—1267) , 1964
(December 4) .

چون نظرات این مؤلف با ایران شناسان دیگر اختلافاتی دارد درچنین موارد بهتر است به مقاله ایشان رجوع شود .

مطالب مربوط به دوره هخامنشی از کتابهای رمان گیرشمان می باشد :

2— R. GHIRSHMAN , « Iran from earliest times to the Islamic Conquest» ,
1951 .

3— R. GHIRSHMAN , « Persia from the origins to Alexander the Great» ,
1964 .

۴- و نیز از مقالات سودمند مهندس محمدزاوش در نشریه کانون مهندسين ايران به شماره های ۳۶ و

۳۷ زیر عنوان « سابقه معدنکاری و کانی شناسی در ایران » بهره مند شده ایم .

تهران - تیرماه ، ۱۳۵۰