

فناوری فلزات در ایران باستان

غلامحسین دانشی

دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: کشف و استفاده از فلزات یکی از مهم‌ترین دستاوردها در تاریخ بشری است. فلزات مواد اولیه اصلی در تولید ابزار و وسایل مهندسی بوده و کشف آنها نقش مهمی در پیشرفت بشری داشته است.

بجز طلا و نقره که بیشتر جنبه تزیینی داشته‌اند، فلزات قلع، مس، سرب و آهن اولین فلزاتی هستند که کشف شده و به‌طور گسترده مورد استفاده صنعتی قرار گرفته‌اند. شواهد مکتوب در ادبیات فارسی نشان می‌دهد که هزاران سال قبل مردم این سرزمین می‌توانستند فلزات را از کانی‌ها جدا کنند، آنها را ذوب و قطعات ریخته‌گری تولید کنند و شکل دهند و نیز آنها را مخلوط و آلیاژ تهیه کنند. آنها همچنین، با فناوری‌های عملیات حرارتی فولادها، اندودکاری فلزات توسط طلا، نقره و قلع و نیز جوشکاری و بریزه‌کاری آشنا بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: شواهد تاریخی، آهن، فولاد، سرب، روی، مس، قلع، برنج، عملیات حرارتی، جوشکاری، اندودکاری، ریخته‌گری و آهنگری.

۱. مقدمه

بیش از ۷۰۰۰ سال از آشنایی بشر با فلزات و فرآوری و کاربرد آنها می‌گذرد. مطالعات باستان‌شناسی و شواهد به دست آمده تا این تاریخ نشان می‌دهد که کشف و احیای سرب، مس، قلع و ساخت مفرغ بیش از ۷۰۰۰ سال قبل در ایلام و آهن در حدود ۴۰۰۰ سال قبل در شمال خراسان و ماوراءالنهر انجام شد. فناوری آلیاژسازی نیز در همین دوران از طریق مخلوط کردن کانی‌های مختلف و احیای مجموعه یا در اثر احیای کانی‌های حاوی دو یا چند فلز شروع شد. در حفاری‌های انجام گرفته در همدان در دهه ۱۳۵۰ هجری، آثار یک آزمایشگاه آلیاژسازی مربوط به ۵۰۰۰ سال قبل که در آن آلیاژهای مس و انواع مفرغ تهیه می‌شد، به دست آمد.

گسترده‌گی و توسعه فناوری‌های مهندسی مواد در ایران باستان از روی تعداد نامها یا ابزار مورد استفاده در تولید فلزات، کاربرد فلزات در زندگی روزمره و حتی در معالجات پزشکی مشخص است. به عنوان مثال، نویسنده در مطالعات خود بیش از ۱۰ نام برای آهن^۱ و در حدود ۱۶ نام برای فولاد و ۳۷ نام برای جیوه مشاهده کرده است.^۲

تقریباً تمام نویسندگان و شعرای ایرانی در نوشته‌های خود به نحوی به فلزات اشاره کرده‌اند:

در فرهنگ جهانگیری | ۱ | می‌خوانیم:

شهریور: ... اول نام فرشته‌ای است که موکل باشد بر آتش و جمیع فلزات ...

(شهریور یکی از مهین فرشتگان آیین مزدیستی و در عالم مادی نگاهبان فلزات و در عالم مینوی نمودار قدرت و اقتدار ایزدی است ...)

احمد نظامی عروضی در مقدمه چهارمقاله | ۲ | می‌گوید:

«اما چون ... انسان در وجود آمد، هرچه در عالم جماد و نبات و حیوان بود با خویشتن آورد و به عقل بر همه حیوانات پادشاه شد و جمله را در تصرف خود آورد. از عالم جماد جواهر و زر و سیم زینت خویش کرد و از آهن و روی و مس و سرب و ارزیزاوانی و عوامل خویش ساخت ...»

۱. به نظر می‌رسد نام آهن در زبان‌های انگلیسی iron و آلمانی Eisen از ریشه آهن گرفته شده باشند.

۲. به پیوست انتهای مقاله مراجعه شود.

ناصر خسرو |۳| در دیوان خود بارها به فلزات اشاره کرده است و از جمله در اشعار زیر ضمن بیان نظریه سقراط در مورد ارتباط بین هفت فلز و هفت سیاره شناخته شده منظومه شمسی در آن دوره، این نظریه را قابل قبول نمی‌داند.

سقراط هفت میر نهاد این را	تدبیر ساز و کارکن و رهبر
سبز است ماه و گفت کزو روید	در خاک ملح و سیم به سنگ اندر
مریخ زاید آهن بد خو را	وز آفتاب گفت که زاید زر
برجیس گفت مادر ارزیز است	مس را همیشه زهره بود مادر
سیماب دختر است عطارد را	کیوان چو مادراست و سرب دختر
این هفت گوهران گدازان را	سقراط باز بست به هفت اختر
گر قول این حکیم درست آید	با او مرا بس است خرد داور

و در جای دیگر می‌گوید:

کیستی بنگر کز بهر تو می‌زاید
مه و خورشید زر و سیم و سرب کیوان
در برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری نیز لغات هفت جوش، هفت جسد و هفت گنجینه، هفت گوهر و غیره به معنی جمیع این فلزات آورده شده‌اند.

فردوسی |۴| کشف آهن را به جمشید پادشاه باستانی نسبت داده است و در باره آن کشف چنین توضیح می‌دهد:

نخستین یکی گوهر آمد به چنگ	به دانش ز آهن جدا کرد سنگ
سر مایه کرد آهن آبگون	کز آن سنگ خارا کشیدش برون

سپس، وی در اشعار زیر به کاربرد اولیه آهن در ساخت اشیا و ابزار اشاره می‌کند:

چو بشناخت آهنگری پیشه کرد	کجا زو تبراره و تیشه کرد ^۱
هر آنکس که بر سنگ آهن زدی	از روشنائی پدید آمدی
بفر کئی نرم کرد آهننا	چو خود و زره کرد و چون جوشنا

۱. با توجه به اینکه توضیح فناوری براده‌برداری مفصل است و باعث طولانی شدن مقاله می‌شود، از ذکر آن در این مقاله خودداری می‌شود و علاقه‌مندان می‌توانند به مراجع دیگر در پایان همین فصل مراجعه کنند.

۲. فناوری‌های استفاده از فلزات

۱.۲. ریخته‌گری

فناوری‌های استفاده از فلزات مانند ریخته‌گری، آهن‌گری و براده‌برداری همزمان با کشف فلزات ابداع شده‌اند. در حقیقت، دلیل توجه بشر به فلزات مفید بودن و قابلیت تبدیل آنها به وسایل مورد نظر بوده است و در نبود فناوری تولید فلزات عناصری بی‌فایده هستند.

قلع، سرب و مس که نقطه ذوب کم دارند، پس از احیا به صورت مذاب هستند و ذوب دوباره آنها نیز چندان مشکل نیست. بنابراین، ریخته‌گری آنها ساده و با وسایل ابتدایی کاملاً عملی است. در مورد آهن نقطه ذوب بالا و در مورد روی نقطه جوش کم و تصعید آنی دانشمندان علم مواد را بر آن داشته است تا در باره روش تولید و استفاده از این دو عنصر نظریات مختلفی را ارائه کنند. گفته می‌شود [۵] روی به صورت خالص در قرن نوزدهم به دست آمد و مهندسان باستان برای ساخت برنج و آلیاژی از اکسید روی (توتیا) استفاده کرده‌اند. در کتب درسی [۶] غربی و توسط افرادی چون استادان دانشگاه M.I.T آمریکا ادعا شده که ذوب چدن، به دلیل دمای ذوب بالای آن، فناوری قرن چهاردهم در اروپاست. آنها ادعا می‌کنند که صنعتگران قدیمی فقط در فرایند احیا به چدن مذاب دسترسی داشته‌اند و مذاب لازم برای ریخته‌گری نیز از طریق فرایند احیا تهیه می‌شده است. آنها ایجاد دمای ذوب چدن و آهن را در کوره‌های قدیمی غیرمحتمل می‌دانند.

این نظریات با توضیحات و نوشته‌های مکتوب در ادب فارسی مغایر است. فردوسی در اشعار زیر به وضوح از استفاده از آهن در فرایند ذوب سخن می‌گوید. فرایند تشریحی توسط فردوسی از نظر علمی کاملاً صحیح و با نظریات امروزی موافق است. با استفاده از نفت و روغن و با دمیدن هوا به راحتی می‌توان دمای لازم برای ذوب چدن را تهیه کرد. همچنان‌که امروزه نیز در کارگاه‌های سنتی برای ذوب چدن از این مواد استفاده می‌شود. بنابراین، ادعای تعلق فناوری ذوب چدن و آهن به اروپا صحیح نیست. شاید این تردید از ناآگاهی این دانشمندان در مورد استفاده ایرانیان از نفت و دمنده در فرایند ذوب ناشی شده باشد.

طبق شواهدی که در ادامه آورده می‌شود، ذوب چدن و آهن در ایران باستان فرایندی کاملاً شناخته شده و مورد استفاده ریخته‌گران بوده است. عوامل ایجاد دمای بالا؛ یعنی

سوخت، دمنده هوا و خاک نسوز^۱ طبق اشعار زیر در دسترس بوده و فناوری تشریح شده زیر توسط فردوسی نیز کاملاً علمی و عملی است.

توضیح روش ساخت سد آهنی یا جوج و ماجوج از طریق ریخته گری در اشعار فردوسی چنین است:

بفرمود کآهنگران آورید	مس و روی و پتک گران آورید
گج و سنگ و هیزم فزون از شمار	بیارید چندانکه آید به کار
ز دیوار گر هم ز آهنگران	هر آنکس که استاد بود اندر آن
ز هر کشوری دانشی شد گروه	دو دیوار کرد از دو پهلوی کوه
زبن تا سر تیغ بالای او	چو صد ارش کردند پهنای او
ازو یک رش انگشت و آهن یکی	پراکنده مس در میان اندکی
همی ریخت گوگردش اندر میان	چنین باشد افسون و رای کیان
همی ریخت هر گوهری یک رده	چو از خاک تا تیغ گشت آژده
بسی نطف و روغن بیامیختند	همی بر سر گوهران ریختند
به خروار انگشت به سر برزدند	بفرمود تا آتش اندر زدند
دم آورد آهنگران صد هزار	به فرمان پیروزگر شهریار
خروش دمنده برآمد ز کوه	ستاره شد از تف آتش ستوه
چنین روزگاری برآمد بر آن	دم آتش و رنج آهنگران
گوهرها یک اندر دگر ساختند	وز آن آتش تیز بگداختند ^۲
از آن نامور سد اسکندری	جهان از بدان رست و از داوری
به رش پانصد بود بالای او	چو نزدیک صد یاز پهنای او

نظامی گنجوی [۷] نیز در اشعار خود به ساخت این سد از طریق ریخته گری اشاره کرده است.^۳ متن زیر نیز که از کتاب مجمل التواریخ [۸] استخراج شده است، نشان می دهد که

۱. خاک نسوز در کتاب های قدیمی گل حکمت نامیده شده است.

۲. در کتاب های لغت قدیمی گداختن به معنی ذوب کردن آمده است.

۳. نظامی گنجوی در اقبالنامه: بدان گونه سدی ز پولاد بست که تارستخیزش نباشد شکست

فناوری ذوب در مغولستان نیز رایج بوده است.

و موضعی در آن کوه یافته‌اند که کان آهن بوده و همواره از آنجا آهن می‌گداخته‌اند و باتفاق جمع شده‌اند، از بیشه هیمه بسیار و انگشت به خروار گرد کرده و هفتاد سر اسب و گاو کشته و پوست درست از آن کشیده و دمه‌های آهنگران ساخته و هیمه و فحم (زغال) فراوان در آن بن کمر نهاده و موضع چنان ترتیب کرده که بدان هفتاد دم بزرگ به یکبارگی می‌دمیده‌اند. تا آن کمر گداخته گشته و آهن بی‌اندازه از آن حاصل شده و راهی پدید آمده و ایشان به جمعیت کوچ کرده‌اند....

فردوسی در اشعار زیر در لابه‌لای ابیات فلسفی به وضوح از ذوب سوزن‌های آهنی صحبت می‌کند. سوزن نمی‌تواند چدنی باشد، زیرا چدن کشایی کافی برای تبدیل شدن به سوزن را ندارد. پس به‌ناچار باید پذیرفت که سوزن‌های داستان فردوسی آهنی بوده و توسط آهنگر ذوب شده‌اند؛ به عبارت دیگر، حتی در ۲۰۰۰ سال قبل (زمان واقعه) هم فناوری ذوب آهن وجود داشته است.

ساختن آینه از آهن، خوردگی و صیقل کردن مجدد آن و مقاوم‌سازی در مقابل خوردگی (بحث اسکندر و فیلسوف):

فرستاد زی فیلسوف بزرگ
سریں و میان و بر و پشت و یال
به‌دانش مرا جان و مغز آکنی
که این بند بر من نشاید نهفت
فرستاد بازش بر شهریار
بیاورد آهنگری در نهان
ز آهن یکی مهره ساختند
چو دانا نگه کرد و آهن بسود
یکی آینه ساخته روشن ز زنگ
همی بود تا شد سیاه و دژم
بر آن کار شد رمز آهن دراز
فرستاد بازش هم اندر شتاب

پر از روغن گاو جامی بزرگ
که این را به اندام‌ها بر بمال
بیاسای تا ماندگی بفکنی
چو دانا به روغن نگه کرد و گفت
به جام اندر افکند سوزن هزار
به سوزن نگه کرد شاه جهان
بفرمود تا گرد بگداختند
سوی مرد دانا فرستاد زود
فرستاد از آن آهن تیره‌رنگ
سکندر نهاد آینه زیر نم
بر فیلسوفش فرستاد باز
خردمند بزود آهنگر چو آب

زدودش به داروکز آن پس ز نم نگردد به زودی سیاه و دژم
فردوسی در بیت آخر بدون ذکر نام دارو، از روکش کردن برای جلوگیری از خوردگی
صحبت کرده است.
چند شاهد دیگر:
وحشی بافقی | ۹۱|:

گر آهن بگداخته در بوته ما ریخت گشتیم سراپا لب و چون آب کشیدیم
برهان قاطع | ۱۰ | و فرهنگ جهانگیری:
آب شدن: به معنی گداختن باشد....
شفشه، شمش، شوشه و شیوشه: ... و آن طلا و نقره گداخته است که در ناوچه آهنین
ریزند.... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)
مذاب: بر وزن گلاب به معنی گداخته باشد و به فتح اول هم آمده است.

۳. شکل دهی فلزات

ایرانیان از قدیم تقریباً با تمام روش‌های شکل‌دهی فلزات آشنا بوده‌اند. درفش کاویانی پرچم
ملی ایران باستان پیشبند کاوه آهنگر بوده است. فردوسی هنر آهنگری ایران باستان را در دو
مجموعه توصیف قیام کاوه آهنگر بر ضد ضحاک ماردوش و نمایش قدرت آهنگری
گشتاسپ در روم نمایش می‌دهد.

در قیام کاوه آهنگر بر ضد ظلم ضحاک، همان‌طور که در اشعار زیر دیده می‌شود،
فردوسی به اهمیت آهنگری و احترام آهنگر در نزد مردم اشاره کرده است و در انتها از
انتخاب پیشبند آهنگر به عنوان درفش و پرچم کشور سخن می‌گوید:

یکی بی‌زیان مرد آهنگرم ز شاه آتش آید همی بر سرم

.....

چو کاوه برون آمد از پیش شاه	براو انجمن گشت بازارگاه
همی بر خروشید و فریاد خواند	جهان را سراسر سوی داد خواند
از آن چرم کآهنگران پشت پای	بپوشند هنگام زخم درای
همان کاوه آن بر سر نیزه کرد	همانگه ز بازار برخاست گرد

خروشان همی رفت نیزه به دست که این نامداران یزدان پرست

چون آن پوست بر نیزه بر دید کی
بیاراست آن را به دیبای روم
فرو هشت ازو سرخ و زرد و بنفش
از آن پس هر آن کس که بگرفت گاه
بر آن بی بها چرم آهنگران
زدیبای پر مایه و پرنیان
ناصر خسرو:

که کرد اول آهنگری؟ چون نبوده ست
از اول نه انبر نه خایسک و سندان
سایر روش های شکلدهی نظیر ورقکاری، خمکاری و لوله سازی نیز به دفعات تعریف
شده اند و با نام ها و گویش های گوناگون در نوشته ها دیده می شوند. تعداد این نام ها و
اصطلاحات و کاربرد آنها با گویش های مختلف و در تمام مناطق مختلف کشور مؤید
گسترده گی کاربرد این فناوری هاست. هنرهایی چون کشش سیم و ساخت زنجیر و سوزن و
بافت زره های سبک^۱ مختص مردم این سرزمین بوده و بعدها از ایران به اروپا رفته است.
میزان آگاهی در استفاده مکرر از این فناوری ها در تمثیل ها و اشعار زیر به خوبی نمایان است.

فردوسی:

زره

به فر کئی نرم کرد آهنا چو خود و زره کرد و چون جوشنا
برفتند و چندی زره ساختند سلیحش یکایک بیاراستند

۱. اروپاییان لباس های رزمی خود را از ورق های فلزی می ساختند که به مراتب از زره های سیمی
شرقیان سنگین تر و غیر قابل انعطاف تر بود.

توضیح: خود و جوشن از ورق و نیز زره، میخ و زنجیر از سیم ساخته می شوند.

جمال‌الدین اصفهانی:

گهی ز آهن پیراهنی کند چو زره
مولوی در مثنوی معنوی | ۱۱ |:

رفت لقمان سوی داود صفا
صنعت زراد او کم دیده بود
آهن اندر دست تو چون موم شد
دید کو می کرد ز آهن حلقها
در عجب می ماند و سواش فزود
چون زره سازی تو را معلوم شد

فردوسی:

زنجیر

ز سر تا به پایش به آهن بست
به پیش آوردند آهنگران
ببستی تن من به بند گران
سعدی | ۱۲ | در ترجیعات گوید:
که سیم و زر کشیدی که سیم بر کشیدی

داد آن کشش خمارت هنگام جان کشیدن

فردوسی:

سوزن

اگر دشمنش کوه آهن شود
تو دانی که گر بودمی پشت تو
نظامی در خسرو شیرین | ۱۲ |:
گر افتادی سر یک سوزن از تیغ
دو مرواریدش از مینا بریدند
بر خشم او نوک سوزن شود
به سوزن نخستی کس انگشت تو
نبودی جای سوزن جز سر تیغ
به جای رشته در سوزن کشیدند

۱. تان به معنی تارهای طولانی است.

در این دکان نیایی رشته تایی
 نظامی در اقبالنامه:
 چو رشته ز سوزن قوی تر کنی
 طناب سراپرده خسروی
 گر افتد بر ایشان سر سوزنی
 نظامی در شرفنامه:
 چو سوزن سنان سینه را دوخته
 سعدی در بوستان:
 بگفتا دعایی کن ای هوشمند
 سعدی در صاحبیه:
 که در رشته چون سوزنم پای بند
 چون خاریشت بر بدنم موی سوزن است
 سعدی در گلستان:
 مگر به سوزن فولاد جامه هنگفت
 کمان کشید و بزد بر هدف که نتوان دوخت
 استاد فرخی:
 همان کند که به سوزن کنند با بیرم^۱
 به تیر با سپر کرگ و مغفر فولاد
 مولوی در کلیات شمس تبریزی (۱۵):
 از آن خیاط بی مقراض و سوزن
 چه اطلس‌ها که پوشیدند در باغ
 ابزار مورد استفاده در تولید سیم در برهان قاطع به شرح زیر تشریح شده است. توضیح
 آنکه این لغات و معانی آنها در لغتنامه‌های فارسی دیگر مانند فرهنگ جهانگیری و غیره نیز
 دیده می‌شوند:
 برهان قاطع:
 شاخسار: ... و افزاری است زرکشان و سیم‌کشان را و آن آهنی باشد پهن که سوراخ‌های
 بزرگ و کوچک در آن کنند و مفتول طلا و نقره را از آن کشند تا باریک و هموار بر آید.
 شفتاهنج، شفشاهنج و شفتاهنگ: تخته فولادی (آهنی) باشد خم و تنگ و سوراخ بسیاری

از کوچک و بزرگ دارد که زرکشان طلا و نقره را از سوراخ‌های آن کشند تا مفتول شود و باریک گردد.

زره: و آن جامه باشد از حلقه‌های آهنین ترتیب داده‌اند و در روز جنگ پوشند....
جوشن: بر وزن کودن سلاخی باشد غیر زره، چه زره تمام از حلقه است و جوشن حلقه و تنگ آهن باهم باشند.

قراگنگ: و زره را نیز گفته‌اند و آن جامه باشد که از حلقه‌های آهن ترتیب داده در روز جنگ پوشند.

نظامی در شرفنامه:

ز پای و ز دست آهن انداخته ز منسوج زر خلعتی ساخته

۴. عملیات حرارتی

عملیات حرارتی و سختکاری فولاد فرایندی ساده است. فولاد داغ در اثر برخورد با آب آبدیده و سخت می‌شود و صنعتگران قدیمی از همان ابتدا و در اولین تجربه‌های خود در استفاده از آب برای خنک کردن قطعات با آن آشنا شدند. زمان آغاز کاربرد عملیات حرارتی در فولادها دقیقاً مشخص نیست، ولی به نظر می‌رسد چندین هزار سال قبل و بلافاصله پس از کشف فناوری آهنگری باشد. نویسندگان و شاعران ایرانی در بسیاری از کتب و اشعار خود به عملیات حرارتی اشاره کرده‌اند. فردوسی در شاهنامه می‌گوید:

درفشیدن تیغ‌های بنفش چو بینید باکاوایانی درفش

فولاد و شمشیر آبداده به منظور جلوگیری از خوردگی فسفاته می‌شوند و به رنگ بنفش در می‌آیند. آیا ایرانیان با این فناوری آشنایی داشته یا رنگ را با توجه به دمای برگشت تنظیم می‌کرده‌اند؟

یکی خنجر آبگون بر کشید	همی خواست از تن سرش را برید
از آهن بر آن آهن آبدار	نیامد به زخم اندرون پایدار
بدو داد ژوپین زهر ابدار	که بر آهنین کوه کردی گذار
بجست از در کاخ اسفندیار	به دست اندرون خنجر آبدار

مولوی در کلیات شمس تبریزی می‌گوید:

سوسن چو ذوالفقار علی آبدار شد

آمد بهار خرم و رحمت نثار شد

مسعود سعد:

چو آبدار شد و پایدار از آتش و آب

گرفت از آب صفا و ربود از آتش نور

معزی گوید:

و آتش اندر جان اعدا زن به تیغ آبدار

تو به نعل بادپایان خاک بر دشمن فشان

در تاریخ بیهقی [۱۶] آمده است:

سلطان ما اینجا آید زوین آبداده و شمشیر به دست.

در لغتنامه‌های برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری لغات دوبال، آتش پرور، شربت الماس، آبدار و غیره نیز تیغ و شمشیر آبدار معنی شده‌اند.

مطالعه ساختار فلزات

اطلاعات در این زمینه بسیار کم و نادر است. ولی با توجه به اینکه در مطالعاتی که تاکنون انجام شده، در دو فرهنگ مختلف و در شعر یک شاعر شواهدی از وجود این فناوری به دست آمده است، به نظر می‌رسد چنین فناوری [حتی در مقیاس کم] نیز وجود داشته است. برهان قاطع:

کسیس: بر وزن نفیس دارویی باشد که به سبب آن جوهر فولاد ظاهر گردد.....

فرهنگ جهانگیری

گشت: با اول مفتوح... دوم به معنی حک کردن و محوساختن بود....

شیخ اوحدی:

تا او ز نقش چهره خود پرده برگرفت ما نقش دیگران ز ورق می‌کنیم گشت

کوره

کوره یکی از ابزار اصلی در صنایع متالورژی است و از آن در احیای فلزات، ریخته‌گری، آهن‌گری، عملیات حرارتی، اندودکاری و غیره استفاده می‌شود. اجزای اصلی کوره؛ یعنی سوخت، هوا و خاک نسوز از دیرباز شناخته شده بوده و در ساخت کوره‌ها مصرف

می شده‌اند. کوره‌های اولیه ریخته‌گری دارای دمنده‌هایی آکاردئونی و دستی بودند و از زغال چوب و نفت برای ایجاد حرارت استفاده می‌شد.

در کوره‌های احیا و آجرپزی که بزرگ‌تر بودند از چوب و زغال چوب و در برخی موارد از جریان طبیعی هوا به‌جای دمنده استفاده می‌شد^۱. به‌علت محدودیت در تولید چوب این کوره‌ها کوچک و کم‌ظرفیت بودند. باکشف فناوری کک‌سازی در قرن نوزدهم و استفاده از زغال سنگ در فرایند احیا، ابعاد کوره‌ها به‌تدریج بزرگ‌تر شد و در اواخر قرن نوزدهم دمنده‌های مکانیکی جایگزین دمنده‌های دستی و طبیعی شدند و امکان تولید چدن در مقیاس وسیع فراهم آمد.

استفاده از دما و کوره برای تصفیه و جداسازی فلزات در اشعار زیر تشریح شده است:

نظامی در اقبالنامه می‌گوید:

یکی کورهٔ ساخت چون زرگران زهر دارویی کرد چیزی در آن
به کوره در افکند و آتش دمید به‌جا ماند زر و آن دگرها رمید

(اشاره به تصفیه طلا)

وحشی بافقی:

چو بوته پر فرو رفتم به آتش که آخر این طلاگردید بی‌غش

سنایی گوید:

بادیه بوته است ما چو زر مغشوشیم راست

چون بپالودیم از او خالص چو زر کان شویم

فرخی گوید:

دل او شاد و نشاط تن او باد قوی تن بدخواه گدازنده چو زر اندرگاه

عرایس الجواهر: اگر یک‌بار دیگر درگاه نهند خالص تر گردد تا به‌درجه‌ای که به نقره کوره

رسد....

۱. جریان هوا در کوره‌های بلند، اصطلاح کوره بلند نیز مربوط به این دوره است.

در اشعار زیر آتش معیار تشخیص زر از مس ذکر شده است.

مولوی در کلیات شمس تبریزی:

چون شیشه فلک پر از آتش شد دست جان

چون کوره بهر ما که مس و قلب یا زریم

دلا در بوته آتش در آمدانه بنشین خوش

که از تأثیر این آتش چنان آینه شد آهن

آتش این بوته گر ظاهر شدی

محتشم بر سیم و زر بگریستی

اجزای کوره چون دم، گل حکمت (خاک نسوز) و بوته‌های ذوب نیز در فرهنگ‌های لغت

و به دفعات دیده می‌شوند:

دم: ... و انبانی که زرگران بدان آتش افروزند.... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)

حکیم خاقانی منظوم ساخته:

کاوه که داند زدن بر سر ضحاک پتک

کی شودش پای بند کوره و سندان و دم

کوره:.... آتشگاه آهنگری و مسگری و جایی است که خشت و گچ و امثال آن پزند....

(برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)

مولوی معنوی فرماید:

بگرد کوره عشقش ز دور می‌گردی

اگر تو نقره صافی میانه را چه شده است

گاه:.... و بوته‌ای که طلا و نقره و امثال آن در آن بگدازند....

فف: به ضم فا، دم زرگری و حدادی و غیره را گویند.

بوته:.... چهارم ظرفی باشد که از گل حکمت سازند و زر و سیم و امثال آن در میان آن

نهاده، بگدازند....

شاعر گوید:

نه در غنچه کامل شود پیکر گل

نه در بوته ظاهر شود صفوت زر

مولوی در کلیات شمس گوید:

چون به یکی پاره پوست ملک توانی گرفت

زشت بود در دکان کوره و دم داشتن

نظامی گوید:

گل ز حکمت به کوره پوده گل حکمت به سر بر اندوده

تحفه حکیم مومن | ۱۷ |:

.... در گداختن سنگ مس در کوره دو طبقه به هم می رسد قسمی سفید و بسیار بی ثقل.

۵. روکش کردن

اشارات به روکش کردن^۱ و اندودکاری فلزات در کتب مختلف فراوان است. روکش های متداول؛ یعنی طلا و نقره بر روی فلزات ارزان تر برای کسب درآمد و نیز روکش قلع بر روی ظروف مسی به منظور محافظت در مقابل خوردگی و جلوگیری از زنگ زدن مس جزو معمول ترین فناوری های اندودکاری در قدیم بوده و از قرن ها قبل متداول است.

رودکی | ۱۸ | گوید:

همه به تنبل بندست بازگشتن او

شرنگ نوش آمیغ است و روی^۲ زرانود

فردوسی در شاهنامه:

همه روی آهن گرفته به زر درفشی سیه بسته بر خود زر

۱. شواهد مربوط به خوردگی فلزات در مقاله دیگری در آینده ارائه خواهد شد.

۲. لغت روی در ادب فارسی به دفعات و در نوشته های کلیه شاعران و نویسندگان دیده می شود. اگر این مردم بر طبق نظریات مهندسان علم مواد امروزی قادر به تهیه روی فلزی نبوده اند، پس به چه عنصر و آلیاژی روی گفته و آلیاژهای برنج را با چه تهیه کرده اند؟

نظامی در خسرو شیرین:

مسی بینی زری بر وی کشیده
به مرداری گلابی بر دمیده
نظامی در شرفنامه:

جهودی مسی را زر اندود کرد
دکان غارتیدن بدان سود کرد
مولوی در مثنوی معنوی:

ای بسا مس زر اندوده به زر
تا فروشد آن به عقل مختصر
مولوی در کلیات شمس تبریزی:

هین خمش باش که گنجی است غم یار ولیک

وصف آن گنج جزین روی زر اندود نکرد

وحشی بافقی:

چتر زرانود تو خورشید باد
مطر به بزم تو ناهید باد

حکیم ناصر خسرو فرماید:

به فعل و قول و زبان یک نهاد باش و مباح

به دل خلاف زبان چون پیشیز زرانود

سراج الدین سکزی:

زری که روی من از هجر او زرانود دست

برغم من همه در سیمگون میان افکند

تاریخ بیهقی:

بر اسبی قیمتی بر نشسته و ساختی گران افکنده، زرانود و غاشیه فراخ پر نقش و نگار...

و زنجیری زرانود از آسمان خانه صفه آویخته...

برهان قاطع:

مس های زرانود: کنایه از دوستی و آشنایی به نفاق باشد و دروغ راست مانند را نیز

گویند.

فرهنگ جهانگیری:

ستو: ... دوم درست قلبی را گویند که در آن مس یا آهن و امثال آن باشد و روی آن را به زری یا نقره اندود باشند....

۱.۵. روکش قلع

برهان قاطع

ارمینا: بر وزن مه سیما به لغت سریانی نوشادر باشد و آن چیزی است مانند نمک و بیشتر سفیدگران به کار برند و بعضی گویند یونانی است.

سپید روی: بر وزن سفیدموی قلعی را گویند و آن جوهری است که ظروف مس را بدان سفید کنند...

نوشادر: دارویی کانی است که بیشتر سفیدگران کار فرمایند و معدن آن کوهی است در نواحی سمرقند و نیز کوهی است در نزدیکی دمندان که از توابع کرمان است و در آن کوه غاری است و از آن غار بخاری برمی آید و منجمد می شود و این قسم بهترین اقسام است و قسم دیگر از داش خشت پزی و گلخن حمام حاصل می شود و آن را ارباب صنعت عقاب و نسر طایر و مشاطه گویند...

اسپیدکار: شخصی را گویند که ظروف مس را سفید کند و او را قلعی گر و سفیدگر نیز گویند. اشخار: به فتح اول و خای نقطه دار به الف کشیده قلیا را گویند که زاج سیاه است و رنگرزان به کار برند و نوشادر را نیز گویند و آن نمک ماندی است که استادان سفیدگر به کار برند.

تحفه حکیم مومن...

.... در دیگ سفال یا مس قلع دار....

۲.۵. فناوری روکش کردن

در مورد فناوری و روش روکش کردن اطلاع چندانی در کتب مشاهده نشد. فقط در برهان قاطع در مقابل لغت ملمع کار می خوانیم: "شخصی است که تنگه طلا و نقره بر روی آهن و مس می چسباند." طبق این تعریف روکش کردن به کمک چسباندن ورق های نازک طلا و نقره صورت می گرفته و تولید ورق های نازک طلا و نقره و استفاده از آنها برای روکش کردن فلزات یکی از فناوری های رایج در این زمینه بوده است.

استفاده از ملقمه جیوه نیز در این مورد محتمل است. اگر طلا را در جیوه حل کنند و سپس بر روی اجسام بمالند، در اثر حرارت جیوه بخار می شود و طلای متخلخل سطح جسم را می پوشاند. حذف تخلخل و پرداخت بعدی به وسیله دست انجام می شود. در قلع اندود کردن، که تا همین اواخر به طور سنتی و توسط صنعتگران دوره گرد انجام می شد، پس از تمیزکاری، ظروف توسط قلع مذاب و به کمک پنبه و نوشادر یا بوره روکش می شدند.

سعید کنعانی [۱۹] در مقاله ای با عنوان «پیل اشکانی» ادعا می کند که اشکانیان فناوری الکترولیز را در اختیار داشته و به کمک جریان برق فلزات را روکش می کرده اند. شواهد در مورد استفاده از ورق طلا برای روکش کردن مس یا آهن چنین اند:

برهان قاطع:

زر رومال: زر روکش را گویند و آن زری باشد که درون آن مس و بیرون آن تنگه طلا یا نقره که بر روی مس پوشیده باشند.

ستو:.... زر قلب روکش را نیز گفته اند؛ یعنی درون آن مس یا آهن و بیرون از نقره یا طلا باشد....

تشخیص زر خالص از زراندود توسط آتش مؤید کامل نبودن پوشش است، زیرا مسی که توسط ورق روکش شده باشد دارای درز است و این درز در کوره نمایان می شود. مگر آنکه فرض کنیم طلا که دمای ذوب کمتری^۱ دارد، ابتدا ذوب و سپس مس درونی نمایان شود. اگر

۱. دمای ذوب طلا $1064/4^{\circ}\text{C}$ و دمای ذوب مس $1084/5^{\circ}\text{C}$ است.

این فرضیه درست باشد، تنظیم دما در کوره بسیار دقیق بوده است، زیرا اختلاف دمای ذوب دو فلز $۲۰/۱^{\circ}\text{C}$ است.

سعدی در بوستان:

زر اندودگان را به آتش برند پدید آید آنکه که مس یا زرنند

سعدی در طبیات:

قلب زر اندود نستانند در بازار حشر خالصی باید که بیرون آید از آتش سلیم

۶. جوشکاری و لحیم کاری

تاریخ آغاز استفاده از فناوری جوشکاری برای اتصال فلزات به درستی روشن نیست. ولی آنچه مسلم است، این است که این فناوری در ایران شروع و توسعه یافته و سپس به اروپا رفته است. اکثر اسامی مصطلح در این فناوری ریشه فارسی دارند. به عنوان مثال، "brazing" از ریشه "بریزه" در زبان فارسی گرفته شده است و گفته می شود که بریزه هم از ریشه "برنجی" است؛ یعنی اتصال توسط برنج. روانساز "borax" نیز از ریشه بوره، که فارسی است، گرفته شده است. شواهد در این زمینه عبارت اند از:

برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری:

بریزه: به کسر اول و ثالث بر وزن سفیده، چیزی که رویگران به جهت لحیم کردن و وصل نمودن برنج و مس و امثال آن به کار برند... (برهان قاطع)

تنکار: بر وزن اغیار، دارویی باشد که طلا و نقره و مس و برنج و امثال آن را بدان پیوند کنند و آن را کفشیر نیز خوانند و آن معدنی و مصنوعی هر دو می باشد. معدنی از چشمه بر می آید مانند برف و یخ و مصنوعی آن است که یک جزو نمک و یک جزو قلیا و سه جزو بوره در دیگ ریزند و شیر گاومیش آن مقدار که اجزا را بپوشاند که سخت شود.... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)

کبد:.... و چیزی را نیز گویند که بدان طلا و نقره و امثال آن را به هم وصل کنند و آن را به عربی لحیم خوانند.... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)

کیکن:.... و لحیم را نیز گویند و آن چیزی است که بدان طلا و نقره امثال آن را به هم پیوند کنند....

کبد:.... لحیم زرگری و مسگری را نیز گویند و آن چیزی باشد که مس و طلا و نقره و امثال آن را بدان پیوند کنند و به معنی سریشم هم آمده است و آن چیزی است که درودگران استخوان و چوب را به هم بچسبانند... (برهان قاطع)

کبد: لحیم باشد (مجموعه الفرس)

دقیقی گوید:

از آنکه مدح تو گویم درست گویم و راست

مرا به کار نیاید سریشم و کبدا

کبدا: بر وزن فردا به معنی لحیم زرگری و مسگری باشد و آن را کفشیر و کبید نیز گویند و به تازی لحام و به هندی کوسیر خوانند که به آن چیزها را وصل کنند و پیوند کننده و سریشم درودگران را نیز گویند.... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)

بوره: بر وزن شوره چیزی است مانند نمک و آن را زرگران به کار برند. (برهان قاطع)

کفشیر: بر وزن کفشیر بوره را گویند و آن دارویی باشد مانند نمک که طلا و نقره و فلزات دیگر را به سبب آن با لحیم پیوند کنند و بعضی گویند قلعی و ارزیز است و بدان شکستگی‌های ظروف مس و برنج را لحیم کنند و بعضی ظروف و آلات مسینه و برنج شکسته را گفته‌اند که مکرر لحیم کرده باشند.

امیر خسرو فرماید:

از آن زر می‌برد استاد زرساز که با کفشیر پیوندد به هم باز

کفشیر: آلت روئینه و مسینه بود.... دیگر لحیم بود که رویگران کنند... نام لحام رویگران است... (مجموعه الفرس)

وارغ: بر وزن فارغ... و لحیم را نیز گویند و آن چیزی باشد که طلا و نقره و امثال آن بدان پیوند کنند... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)

مجموعه الفرس | ۲۰ |:

در مقدمه الادب: لحام - کفشیرگداز، کفشیر، در برهان: کفشیر - بوره را گویند و آن دارویی باشد، مانند نمک که طلا و نقره و فلزات دیگر را به سبب آن با لحیم پیوند کنند و بعضی گویند که قلعی و ارزیز است... و بعضی ظروف و آلات مسینه و برنج شکسته را گفته اند که مکرر لحیم کرده باشند.

کمال اسماعیل گوید:

ز زخم خنجر و زوبین و ناوک تنی بسته به صد کفشیر دارم

مسعود سعد گوید:

خورد بشکستیم کنون شاید که کنی این شکسته را کفشیر

هدایة المتعلمین: بوره سفید که زرگران سفید بوره خوانند و با توبال مس برابر بکوبند و به سرکا تر کند و به سر اندر نهند.

تحفه حکیم مومن:

بورق: به فارسی بوره نامند و آن نمکی است که از احجار شوره ناک متولد می شود و اقسام می باشد. سرخ آن را نظرون و سفید و سبک پر سوراخ را ارمنی و بسیار سبک شبیه به کف مایل به بنفشی و صلب او را افریقی و زبدی و سفید و سنگین را بورق الصنایع نامند و معمول زرگران است و اغبر او را بورق الخبازین و سفید کف مانند غیر صلب را رومی گویند و مصنوع او یکی از درخت غرب است که طبیخ آن را غلیظ کرده و قرص می سازند و این بسیار خفیف و سفید و مایل به سیاهی و غیر مالح است و مسمی به بورق الغرب. یکی از زجاج و قلعی است که بالسویه ساییده باشند به آب قلعی تسقیه می کنند و بعد از تسقیه در آب مذکور می جوشانند تا به حد احتراق رسد و این بارزانت است و تنکار ازین قسم به عمل می آید و بهترین اقسام او ارمنی و تندترین هم زبدی است.

بوره سلماسی: اسم فارسی نظرون است.

بوره سفید: اسم فارسی بوره رومی است.

تنکار: قسمی از بورق و نوع معدنی او قسمی شبیه بیخ و آن بوره زبدی است و به شیرازی یخک نامند و قسمی شبیه به برف و آن زبدالبورق است و به شیرازی برفک گویند و نوع

مصنوعی او قسمی از لحام‌الذهب مصنوع است و قسمی که بالفعل متعارف است مرکب از نمک و قلی بالسویه و سه برابر هر دو بوره ارمنی که مجموع را در شیرگاو و گاو میش به قدر پوشانیدن آن بجوشانند تا منعقد گردد و در آفتاب خشک کنند.

و قسمی که مسمی به لحام‌الذهب است مصنوع است، از بول غلمان نزدیک به بلوغ که در ظرف مس بول کنند و با دسته مس در آفتاب در موضع نمناک بسایند تا صلب شود و... ادخال او باعث نرمی و زودگداختن طلا... است. و معدنی او را خاصیت آن است که تنقیه قلعی و تلیین آهن می‌کند و چون آهن را یک بار در آب تنکار معدنی تطفیه کنند و بار دیگر سرخ کرده به روغن کنجد تطفیه نمایند، آهن مذکور مثل مغناطیس جذب آهن می‌کند و فرق میان معدنی و غیرمعدنی ظهور رطوبت مصنوعی است در آتش به خلاف معدنی.

تنکهار: اسم هندی تنکار است.

زبدالبورق: کف بوره است و آن غیر بوره زبدی و به غایت سفید و غیرجامد و شبیه به آرد است و بوره زبدی جامد و مایل به سرخی است و در جمیع افعال شبیه به بوره و از آن لطیف تر و تندتر است.

۷. نتیجه گیری

شواهد جمع آوری شده از کتاب‌های ادبی در ایران به شرحی که ذکر شد، حکایت از آشنایی کامل مردم این سرزمین در تهیه و کاربرد فلزات صنعتی در گذشته دارد. فناوری‌های ریخته‌گری، شکلدهی، عملیات حرارتی، جوشکاری و اندودکاری نیز در این کشور کاملاً شناخته شده و رایج بوده است.

مراجع

۱. میرجمال‌الدین حسین بن فخرالدین حسن انجوی شیرازی، فرهنگ جهانگیری، ویراسته رحیم عقیقی، انتشارات دانشگاه مشهد، چاپ دوم، ۱۳۵۹.

۲. احمد نظامی عروضی سمرقندی، کلیات چهار مقاله، به سعی محمد بن عبدالوهاب قزوینی، انتشارات Leyden: E. J. Brill, Imperimerie Orientale
- London: Luzac & Co., 46 Great Russel Street, 1910
- چاپ کتابفروشی اشراقی، تهران.
۳. دیوان ناصر خسرو قبادیانی مروزی.
۴. شاهنامه فردوسی، گردآورنده ژول مول، سازمان کتاب‌های جیبی، تهران، ۱۳۴۵.
۵. مرجع کتاب روی
6. I. H. Cowdrey & E.L. Bartholomow, Intrudictory engineering materials, McGrow-Hill Book Co. Inc., p. 211, 1953.
۷. اقبالنامه نظامی گنجوی، گردآورنده فرهنگستان علوم جمهوری شوروی سوسیالیستی آذربایجان، ۱۹۴۷.
۸. رشیدالدین فضل‌الله الوزیر ابن عماد الدوله ابی‌الخیر بن موفق الدوله علی، جامع التواریخ، به کوشش بهمن کریمی، شرکت نسبی حاج محمد حسین اقبال و شرکاء، تهران، ۱۳۳۸.
۹. کلیات دیوان وحشی بافقی، با حواشی م. درویش، سازمان چاپ و انتشارات جاویدان، چاپ چهارم، تهران، ۱۳۵۶.
۱۰. محمد حسین خلف تبریزی معروف به برهان، برهان قاطع، به کوشش م. سعیدی‌پور، انتشارات خرد - نیما، تهران.
۱۱. کلیات سعدی، با مقدمه و تصحیح محمد علی فروغی، کتابفروشی موسی علمی، تهران.
۱۲. مولانا جلال‌الدین محمد مولوی بلخی، مثنوی معنوی، به سعی و تصحیح رینولد الین نیکلسون، مؤسسه انتشارات امیرکبیر، چاپ چهارم، تهران، ۱۳۵۶.
۱۳. نظامی گنجوی، خسرو شیرین، گردآورنده فرهنگستان علوم جمهوری شوروی سوسیالیستی آذربایجان، ۱۹۶۰.
۱۴. نظامی گنجوی، شرفنامه، گردآورنده فرهنگستان علوم جمهوری شوروی سوسیالیستی آذربایجان، ۱۹۴۷.

۱۵. مولانا جلال‌الدین محمد مولوی بلخی، کلیات دیوان شمس تبریزی، به کوشش محمد عباسی، انتشارات نشر طلوع، تهران، ۱۳۵۶.
۱۶. ابوالفضل محمدبن حسین کاتب بیهقی، تاریخ بیهقی، به تصحیح سعید نفیسی، کتابخانه سنایی، تهران، ۱۳۲۶.
۱۷. محمد مومن حسینی، تحفه حکیم مومن.
۱۸. آثار منظوم رودکی، آکادمی فن‌های ریپوبلیکه ساویتی سوسیالیستی تاجیکستان، شعبه شرق‌شناسی و آثار ادبی، نشریات دولتی تاجیکستان، استالین آباد، ۱۹۵۸.
۱۹. ناصر کنعانی، پیل اشکانی، آینه میراث، دوره جدید، سال اول، شماره اول، (پیاپی ۲۰)، تهران، بهار ۱۳۸۲.
۲۰. ابوالعلاء عبدالمومن جاروتی معروف به صفی کحال، فرهنگ مجموعه الفرس، به تصحیح عزیزالله جوینی، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، ۱۳۵۶.
۲۱. حکیم ناصر خسرو قبادیانی مروزی، سفرنامه، به کوشش محمد دبیر سیاقی، کتابفروشی زوار، چاپ دوم، تهران، ۱۳۶۳.
- توضیح: اشعار مسعود سعد، معزی، شیخ اوحدی، سنایی، فرخی سیستانی، خاقانی، سراج‌الدین سکزی، امیر خسرو دهلوی و کمال اسمعیل و همچنین، متون عرایس الجواهر و هدایة‌المتقین از پاورقی‌های فرهنگ جهانگیری و برهان قاطع گرفته شده‌اند.

پیوست

نام‌های آهن

آبان:.... و نام فرشته‌ای است که موکل است بر آهن... (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)
 آهن: دو معنی دارد، اول معروف است... (فرهنگ جهانگیری)
 آهن: اسم فارسی جدید است. (تحفه حکیم مومن)
 آیین^۱: به فتح ثالث بر وزن و معنی آهن است. (برهان قاطع و فرهنگ جهانگیری)
 تمر:... با اول مفتوح و ثانی مضموم به ترکی آهن باشد... (فرهنگ جهانگیری و زنبیل فرهاد میرزا)
 حدید: به فارسی آهن نامند و نر و ماده می‌باشد. نر او فولاد و ماده او نرم آهن است... (تحفه حکیم مومن)
 مریخ: در اصطلاح اکسیریان آهن است. (تحفه حکیم مومن)
 زاده مریخ: کنایه از آهن است که از آن سیخ و میخ و زنجیر و امثال آن سازند. (برهان قاطع)
 نخجد - نخچند: بر وزن ابجد، ریم آهن را گویند و به معنی سنگ سخت و آهن هم آمده است... (برهان قاطع)
 دمور: اسم ترکی حدید است. (تحفه حکیم مومن)
 لوهی: به هندی آهن است. (تحفه حکیم مومن)
 حجر حدیدی: خم آهن است. (تحفه حکیم مومن)
 حدید الصینی: خم آهن است. (تحفه حکیم مومن)

نام‌های فولاد

اسامی فولاد از فرهنگ‌های مجموعه الفرس، برهان قاطع، فرهنگ جهانگیری و تحفه حکیم مومن استخراج شده و جزئیات معانی و شرح و شواهد آنها در هر قسمت جداگانه داده شده است. بسیاری از این اسامی با گویش‌های مختلف در کلیه فرهنگ‌ها مشترک است.
 فولاد، روهینا، روهنی، روهینی، بلارک، بلالک، پرالک، زیرک، آهار، ستی، حدید و مریخ

۱. تلفظ این لغت با تلفظ انگلیسی iron بسیار نزدیک است.

فولاد معدنی: شابرن و شابورگان و شابورن.

نام‌های مغناطیس

آهن‌ریا: اسم فارسی مغناطیس است.

چنبک: به هندی مغناطیس است.

حجرالمغناطیس: سنگ آهن‌ریاست....

حجرالحید و حجرالهنود: حجر مغناطیس است.

اسامی جیوه

جیوه با ۳۷ عنوان در مراجع مورد مطالعه معرفی شده است. این لغات نه تنها گسترده‌گی

استفاده از جیوه، بلکه بسیاری از خواص اصلی آن را نیز مشخص می‌کنند. اسامی به کار رفته

برای جیوه به شرح زیر است:

آبک، آبق، آب آبق، ابوالارواح، اصل، ام‌الاجساد پرنده، تیر، جوهر ظلال ذهب، جیوه حی،

حی‌الماء، حل، رجراج، رش، روح، روحانی، روحانی روح، زادوق، زاوق، زاووق، زموم،

ژیوه، ستاره، سحاب، سیماب، طیار، عبد، عطار، عین‌الحیوان، غبیظ، فرار، گریزنده، لین،

لجاج لجاج، نافذ و نور.

اسامی قلع

ارزیز: قلعی، برجیس، رصاص ایض (عربی)، صرفان، اسرف و قسطیر (یونانی)....

اسامی مس

مس، زهره، نحاس (عربی) و ایرس (یونانی).

اسامی سرب

سرب، اسرب، آبار، کیوان، زخن، رصاص اسود (عربی) و آنک (عربی).