

Istituto Statale d'Arte P. Selvatico

prof. Gobbo Adelio

APPUNTI DEL CORSO DI TECNOLOGIA DELLE ARTI APPLICATE

Sezione Arte dei Metalli e dell'Oreficeria

I° anno



La prima fase: l'età dei metalli nativi

Fuoco e pietra

Gli uomini primitivi, quando cominciarono a servirsi di utensili, accettavano la natura come la trovavano. Il femore di qualche grosso animale poteva servire da comodo bastone; lo stesso uso potevano avere i rami strappati agli alberi. Le pietre erano buone armi da lancio.

Col passare dei millenni, gli uomini impararono a foggare le pietre in modo da dotarle di bordi taglienti oppure di impugnature. Trovarono il sistema di fissare delle pietre a manici di legno opportunamente adattati. In ogni caso, la pietra rimaneva pietra e il legno rimaneva legno.

A volte, tuttavia, la natura della materia si trasformava. Poteva accadere che un fulmine incendiava una foresta, e allora la cenere e i resti carbonizzati non avevano niente in comune con il legno che era esistito prima dell'incendio, oppure un pezzo di carne guasta cominciava a puzzare, del succo di frutta inacidiva col passare del tempo, o diventava stranamente inebriante.

Questo genere di modificazione della natura della materia (accompagnato, come l'umanità arrivò a scoprire col passare del tempo, da fondamentali trasformazioni della materia) costituisce l'oggetto della scienza detta *chimica*. La possibilità di effettuare volontariamente vantaggiose trasformazioni chimiche si presentò dopo che l'uomo ebbe appreso l'arte di accendere e di tenere in vita il fuoco. (Sotto il profilo storico, questa fu la « scoperta del fuoco ».) Una volta appresa quest'arte, l'uomo diventò chimico di professione, perché dovette escogitare sistemi che permettessero al legno o ad altri combustibili di combinarsi con l'aria a velocità abbastanza elevata da generare una quantità notevole di luce e di calore oltre a cenere, fumo e vapori. Era quindi, necessario essiccare il legno, ridurlo in polvere una parte per preparare l'esca, portare la temperatura fino al punto di accensione per mezzo dello sfregamento o con altri metodi, e così via.

Si poteva utilizzare il calore generato dal fuoco per provocare ulteriori trasformazioni chimiche. Si cuoceva il cibo, alterandone in tal modo il colore, i tessuti e il sapore. Si poteva cuocere l'argilla per fare mattoni e vasellame. A lungo andare si arrivò alla produzione di oggetti di ceramica, di smalti, perfino di qualche tipo di vetro.

Le prime sostanze utilizzate dall'uomo furono quelle universalmente presenti nel suo ambiente: legno, ossa, pelli e pietre. Di queste sostanze la più durevole è la pietra: sono infatti gli utensili di pietra dell'uomo primitivo a fornirci, oggi, le più chiare testimonianze su quell'epoca ormai lontana. È per questa ragione che si parla di *età della pietra*.

L'umanità viveva ancora nell'età della pietra quando, verso l'8000 a.C., in alcune zone di quello che al giorno d'oggi si chiama Medio Oriente fu introdotta una rivoluzionaria innovazione nella produzione degli alimenti. Prima di allora l'uomo andava a caccia di cibo come qualsiasi altro animale. A questo punto imparò a addomesticare gli animali e ad averne cura, giacché fonti sicure di nutrimento e, cosa anche più importante, l'uomo imparò a coltivare le piante. Con lo sviluppo dell'allevamento del bestiame e dell'agricoltura si rese disponibile una fonte di alimenti più stabile e abbondante, e la popolazione aumentò. Inoltre, l'agricoltura esigeva che la popolazione fosse stabile, cosicché si cominciò a costruire abitazioni permanenti e sorsero villaggi e città. Questa evoluzione segna, letteralmente, l'inizio della civiltà, giacché « civiltà » deriva dalla parola latina che significa « città ».

Per i primi duemila anni circa di questa antichissima civiltà, la pietra continuò ad essere la materia prima caratteristica dei vari utensili, anche se furono elaborate nuove tecniche per la sua

lavorazione; Questa *nuova età della pietra*, o *periodo neolitico*, ha come caratteristica l'accurata levigazione della pietra. Anche nel vasellame si raggiunse un elevato grado di sviluppo. Poco per volta i progressi del periodo neolitico si diffusero a partire dal Medio Oriente. Nel 4000 a.C., ad esempio, le caratteristiche di questa cultura erano comparse nell'Europa occidentale. Ma ormai i tempi erano già maturi per nuovi cambiamenti nel Medio Oriente, cioè in Egitto e in Sumeria, la zona che corrisponde al moderno Iraq.

L'umanità cominciò ad imparare a servirsi di sostanze relativamente rare. Per sfruttare la proprietà di questi materiali nuovi, l'uomo imparò a sopportare tutte le difficoltà legate a noiose ricerche e lavorazioni. I materiali in questione si dicono *metalli*, parola che, di per sé, esprime questa remota evoluzione, poiché deriva probabilmente da una parola greca che significa « cercare ».

I metalli nativi

I primi metalli ad essere sfruttati, fin dal neolitico, furono i **metalli nativi**, cioè quelli che in natura si trovano tali e quali, sotto forma di piccoli noduli metallici. Deve essersi trattato di pezzi di **rame** e, a volte, di **oro**, poiché questi rientrano nel numero, molto limitato, di metalli che si incontrano talvolta in natura allo stato libero. Il **colore** rossastro del rame o quello giallastro dell'oro avranno certamente colpito l'attenzione dell'uomo primitivo, e la lucentezza metallica, tanto più bella e interessante del colore piatto e indefinito di quasi tutte le pietre, sarà stata motivo di ulteriore interessamento. È indubbio che i metalli nativi furono utilizzati in primo luogo come ornamento, indipendentemente dalla forma dei frammenti rinvenuti, così come erano probabilmente usati i ciottoli colorati o le conchiglie di madreperla.

Il vantaggio dei metalli nativi, rispetto ai vari pezzetti di qualsiasi altra sostanza di bell'aspetto, derivava tuttavia dal fatto che il rame e l'oro manifestano un **comportamento plastico**; ciò significa che è possibile batterli modificando la loro forma iniziale senza che si rompano¹. Questa proprietà fu senza dubbio scoperta per caso, ma non dovette passare molto tempo dalla sua scoperta prima che il senso artistico dell'uomo lo spingesse a battere i campioni di metallo, modellandoli e dando loro forme predeterminate. Questo è lo stadio che sovente gli archeologi denominano come **ETÀ DEI METALLI NATIVI**.

Detto questo, è molto probabile che l'incontro con il rame nativo preceda quello con l'oro per un motivo molto semplice: il primo è più diffuso e abbonante del secondo è quindi la probabilità di reperire del rame nativo è di gran lunga superiore a quella di incontrare dell'oro. Non dimentichiamo che nella crosta terrestre complessivamente il rame è 17.000 volte più diffuso dell'oro (68 g/tonn. contro un misero 0,0040 g/tonn.) e sebbene il rame rispetto all'oro manifesti decisamente una maggiore tendenza a combinarsi con gli altri elementi della tabella periodica (soprattutto con lo zolfo), la statistica gioca in ogni caso tutto a suo favore. Tutto ciò premesso il rapporto dell'uomo con questi due metalli risale a tempi lontani:

- Rame: il più antico oggetto di rame a noi noto è un probabilmente piccolo pendaglio ottenuto col minerale non lavorato, scoperto nella grotta di Shanidar in Kurdistan e risalente all'incirca al 10.000 A.C.
- Oro: sicuramente utilizzato prima del 4500 A.C. in Egitto, in Mesopotamia, nella valle dell'Indo e nel Mediterraneo orientale

¹ Sottoposti allo stesso trattamento, la pietra si ridurrebbe in polvere, mentre il legno o l'osso si spaccerebbero, scheggiandosi.

Un utilizzo sistematico della lavorazione del rame nativo per la produzione di semplici utensili si afferma tuttavia circa due millenni dopo (~8.000 A.C.), come attestano dei punteruoli scoperti nel Vicino Oriente (Anatolia e Mesopotamia).

In questa fase iniziale la lavorazione del rame nativo consisteva nel semplice martellamento a freddo, in analogia alla lavorazione della pietra. Qui però subentra una particolare proprietà del rame: la sua **plasticità**, sconosciuta alla pietra; si aprivano quindi nuovi orizzonti: sotto colpi sapienti era possibile produrre manufatti dalla forma molto più complessa di quanto permesso dal materiale litico. Questo periodo è indicato non a caso come **CULTURA DEL RAME MARTELLATO**, a sottolineare che in questa fase il metallo veniva lavorato esclusivamente sfruttando la sua plasticità.

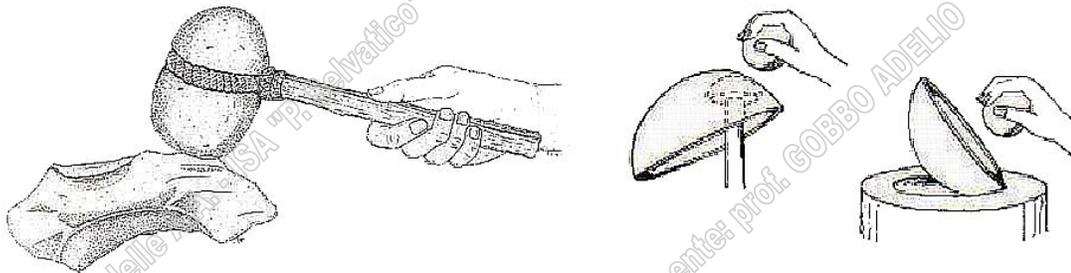


Figura 1 - La deformazione plastica del rame nativo: da una pepita di rame a una scodella

Tuttavia, i primi uomini che lavoravano il rame nativo per **percussione** si accorsero da subito che la capacità di **deformazione plastica** di questo metallo non era infinita ma che essa invece **diminuiva** man mano che il rame **incrudiva** sotto la percussione meccanica.

Questo **incrudimento** del metallo era, sotto certi aspetti, un notevole **vantaggio** (consentiva per esempio di avere armi da taglio con il filo più duraturo) ma dall'altro poneva un serio **limite** al processo di lavorazione in quanto il rame indurendo diventava contemporaneamente anche più **fragile** ed insistendo nella deformazione l'oggetto andava incontro a **rottura**.

In questa prima fase della storia della lavorazione del rame gli oggetti ottenuti non potevano quindi possedere forme particolarmente complesse ma ci si **doveva** limitare nella deformazione plastica del metallo.

Potevano quindi essere prodotti manufatti vagamente piani (punte di lancia, coltelli rudimentali, ecc.) o al più leggermente concavi come, ad esempio, semplici suppellettili per la cucina, le progenitrici delle nostre pentole, specie di catini che potevano essere usati per far bollire l'acqua sul fuoco e che avevano l'indubbio vantaggio di non rompersi all'urto come i contenitori di terracotta, allora in uso.

L'incrudimento a freddo del rame era dunque una strettoia che andava superata. Ma come? Circa mille anni dopo fu scoperta la **ricottura**: è un **processo termico** che consiste nel riscaldamento del manufatto di rame al calor rosso: in queste condizioni si manifesta il **rinvenimento** del rame con il ripristino della sua plasticità.

Va segnalato che la ricottura era un processo fondamentale, più di quanto lo sia oggi. Il rame che oggi abbiamo a disposizione presenta un elevatissimo grado di purezza (**titolo** superiore al 99,92%) e si dimostra estremamente deformaabile.

Per raggiungere questi valori il rame nel corso della sua produzione viene sottoposto a vari processi di **affinazione** di cui i moderni **metodi elettrochimici** sono quelli più raffinati.

Se si usa il rame nativo tale e quale dobbiamo invece tener presente che nel metallo base possono

essere presenti impurezze variabili di altri metalli (o anche metalloidi) che modificano, anche profondamente, le caratteristiche originarie del metallo dominante (non solo in termini di plasticità). Si dovrebbe parlare allora non più di rame ma di **LEGHE ACCIDENTALI** di rame, indicate spesso con il termine generico di **BRONZI ACCIDENTALI**.

L'uomo primitivo usava il rame nativo così come lo trovava, ignorando totalmente la questione delle eventuali impurezze. Capitava così che quando il rame era quasi puro la sua lavorabilità mediante martellamento a freddo permaneva a lungo. Altre volte, invece, con campioni di rame impuro la plasticità scompariva molto velocemente, rendendosi **indispensabili** diverse ricotture, nel corso della sua lavorazione.



Figura 2 – Il processo di ricottura permette il rinvenimento del rame, ripristinando la plasticità iniziale.

La possibilità di sfruttare la **plasticità a freddo** del rame, coniugandola con la ricottura, consente di ottenere oggetti metallici anche di notevole complessità, la cui **lavorazione** risulta tuttavia **lunga e laboriosa**.

L'ottenimento di manufatti a partire dal rame nativo può tuttavia avvenire anche in altro modo, sfruttando la **fusibilità** del rame.



È noto che il rame, se portato ad una temperatura adeguata (1083°C)² passa allo stato fuso: versandolo in un contenitore, resistente alle alte temperature, come tutti i liquidi prende la forma del contenitore, forma che mantiene dopo che si è raffreddato.

Figura 3 – Il ciclo fusione/solidificazione del rame.

È molto probabile che la fusione del rame nativo sia stata scoperta casualmente, nel corso di ricotture eseguite erroneamente a temperature troppo elevate.

Questo “incidente” darà tuttavia la possibilità di ottenere manufatti metallici con una tecnica estremamente semplice, basata sulla preventiva **fusione** del metallo e suo **versamento** in **forme** preparate all'occorrenza: è l'avvio della **produzione seriale** di oggetti metallici.

² La temperatura di fusione si abbassa, anche di molto, se nel rame nativo sono presenti impurezze di altri metalli.



Figura 4 – A sinistra: crogioli egizi in terraglia di epoca predinastica. A destra: Colata di una testa di scure in rame in una forma aperta. Il crogiolo viene sorretto con un ramo verde ripiegato.

Tutto ciò che occorre per queste prime fusioni era una piccola **cavità** ricavata sulla superficie di un blocco di pietra o di argilla sagomata e poi cotta. In essa poi si colava il rame fuso. Si ottenevano così discreti **getti di fusione**; l'unica limitazione consisteva nel fatto che l'oggetto avrebbe avuto la **faccia superiore piatta**.

Per i modelli più complessi sarebbe occorsa una **forma chiusa** o apribile "a conchiglia". Sennonché il **rame puro** non è facilmente fusibile in forme chiuse, data la sua elevata tendenza allo stato fuso di assorbire ossigeno dall'aria, **ossigeno** che tende ad espellere al momento della solidificazione con conseguenti **soffiature** che generano difetti, anche gravi, nei getti di fusione.

In sostanza, l'uso di forme aperte in questa fase di avvio delle tecniche di lavorazione per fusione del rame è dovuta, più che alla grossolanità nella preparazione della forma, all'impossibilità pratica di poter sfruttare eventuali forme chiuse a disposizione, a causa del comportamento del rame, illustrato in precedenza.

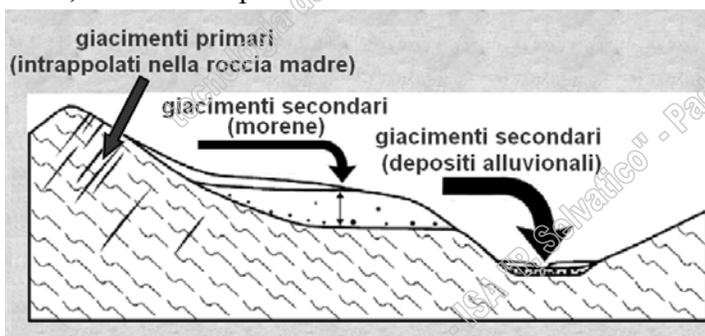


Figura 5 – Schema di formazione dei giacimenti alluvionali dei metalli nativi a partire da quelli primari.

Con la fusione diventava possibile sfruttare anche i reperti più minuti dei metalli nativi, in particolare i **frammenti** di un altro metallo, l'**oro**, che si trovava tra le **sabbie** di certi corsi d'acqua. Fino ad allora essi erano risultati del tutto inutili perché di dimensioni troppo piccole per poter essere lavorate per martellatura, cosa possibile solo con pepite di adeguate dimensioni ma, ahimè, troppo rare anche allora per la bramosia umana verso questo metallo.

A questo proposito ci si dovrebbe porre una questione: dato per scontato che l'oro è decisamente

poco presente nella crosta terrestre (0,0040 g/tonn.) perché mai dovrebbe essere mescolato con le sabbie aurifere al punto da essere quasi impossibile distinguerlo dagli inerti? D'accordo sul poco, ma quel poco non potrebbe almeno presentarsi in masserelle "sostanziose"?

La verità è che già nei giacimenti primari, i cosiddetti **reef auriferi**³, l'oro non si trova in grandi masse compatte ma sotto forma di filoni o vene di quarzo aurifero, in cui sono presenti minuscole particelle di oro.



Figura 6 - Oro in matrice quarzosa da depositi primari.

Se questa è la situazione di partenza è chiaro che nei **depositi secondari** non c'è proprio da esultare, in termini di possibilità di poter trovare pepite grandi come mele. L'unica soddisfazione è che qui la Natura ha già provveduto alla parte meccanica di disgregazione della roccia madre.

Tuttavia ora l'oro si trova disperso tra milioni di granellini di sabbia. Come recuperarlo?

Sfruttando la sua densità (~19 g/cm³), molto più elevata della sabbia da cui deve essere separato. In pratica la sabbia aurifera veniva lavata su tavole di legno grezze, poste in pendenza, sotto un leggero flusso d'acqua, che trascinava con sé le particelle più leggere, mentre i pezzetti di oro si depositavano tra le fibre del legno per essere poi raccolti.

Questa tecnica, detta **levigazione**, fu la sola utilizzata nell'estrazione dell'oro dai suoi giacimenti, fino all'età imperiale romana quando ad essa si affiancò la tecnica di **amalgamazione** con il **mercurio** ma di questo parleremo più avanti. In ogni caso la densità elevata dell'oro rispetto agli inerti con cui si accompagna, fu sfruttata fin tutto l'ottocento, come nella famosa **corsa all'oro** americana.

Una variante è descritta da alcuni autori classici (Strabone e altri) i quali riferiscono nei loro scritti che nel Caucaso i depositi alluvionali erano trattati mediante lavaggio non su tavole ma mediante delle pelli di pecora. Le particelle di oro sarebbero rimaste impigliate tra le fibre; da qui l'origine della leggenda del **vello d'oro**.

Una volta affinata la tecnica di separazione dell'oro dagli inerti l'attenzione si rivolse ai suoi **giacimenti primari**. Qui, come si è capito la situazione si faceva complicata perché l'oro risultava intrappolato nella sua matrice da cui doveva essere liberato, attraverso un lavoro estenuante, ben descritto dallo scrittore Diodoro Siculo (I sec. A.C.), a proposito dell'estrazione dell'oro dai filoni auriferi nei giacimenti di quarzo in Egitto.

Dopo essere stati estratti dalle miniere, i frammenti di roccia aurifera venivano sgretolati in pezzi mediante martellatura, pestati in mortai fino alla grossezza di un pisello e infine ridotti in polvere con macine. La polvere era quindi lavata su tavole di legno, come già si è visto.

³ I reef sono strati costituiti da un conglomerato di ciottoli quarzosi, saldati insieme da un cemento siliceo, contenenti piccoli granelli di oro.

Il problema delle alte temperature nei processi di fusione dei metalli nativi

Come si è visto la possibilità di raccogliere quantità anche minutissime di oro apriva nuovi orizzonti in merito alla disponibilità di materia aurea, purché queste particelle venissero preventivamente fuse, al fine di ottenere un piccolo lingotto, da avviare poi alle operazioni successive di modellazione.

C'è da dire che il **PROCESSO PIROMETALLICO**⁴ dell'oro è piuttosto semplice, almeno dal punto di vista concettuale, in quanto l'oro si trova già allo stato di metallo, quindi qui si tratta di fare di seguito solo due distinti passaggi di stato, **senza alcuna trasformazione chimica**.

Il primo passaggio:

❑ **stato solido → stato liquido**

richiede la **somministrazione di calore**, portando l'oro a una temperatura pari o superiore quella di fusione

A questo deve seguire il passaggio di stato inverso, per **sottrazione di calore**:

❑ **stato liquido → stato solido**

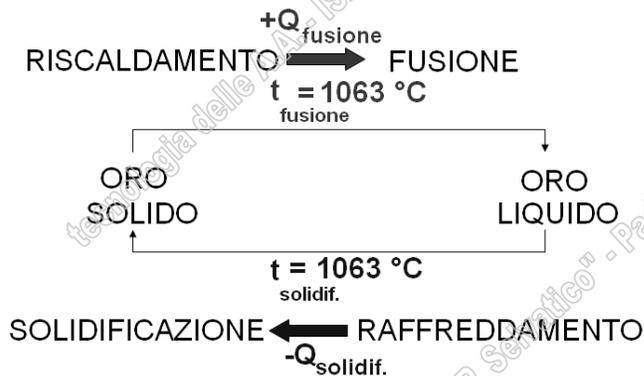


Figura 7 – Schema del ciclo fusione/solidificazione per l'oro.

Tuttavia la temperatura di fusione dell'oro, quando è puro, è piuttosto elevata, pari a 1063 °C. Questa temperatura oggi è facilmente raggiungibile in qualunque laboratorio ma all'alba della metallurgia non era affatto così.

Un fuoco di buona legna, in un falò all'aperto, raggiungeva mediamente temperature oscillanti tra i 450 e i 700°C, molto al di sotto di quella necessaria per la fusione dell'oro. Occorreva allora poter aumentare la temperatura di alcuni centinaia di gradi: come fare?

Innanzitutto occorre un contenitore che potesse resistere a temperature elevate e questo, come si è visto, fu risolto con l'uso di **crogioli in terracotta**, privi di trattamenti particolari.

Una volta risolto il problema del contenitore era indispensabile ricercare un **combustibile** di qualità superiore alla legna, in grado di garantire un apporto calorico decisamente più elevato. Non serviva andare lontano: bastava passare dalla legna al **carbone di legna** attraverso la carbonizzazione della legna ...

La **carbonizzazione** è un processo di tipo **termochimico** che consente la trasformazione dei costituenti del legno in carbone (**carbone di legna** o **carbone vegetale**), ottenuta mediante l'eliminazione dell'acqua e delle sostanze volatili dalla materia vegetale, per azione del **calore** nelle **carbonaie**.

Le carbonaie erano delle cataste di legna a forma di cono, coperte di terra, con un **canale centrale** di sfogo (camino) e con delle **aperture alla base** per il passaggio dell'aria. Per mezzo del foro

⁴ Dal greco *pirós* = fuoco.

centrale e delle aperture alla base si dava poi fuoco alla catasta.

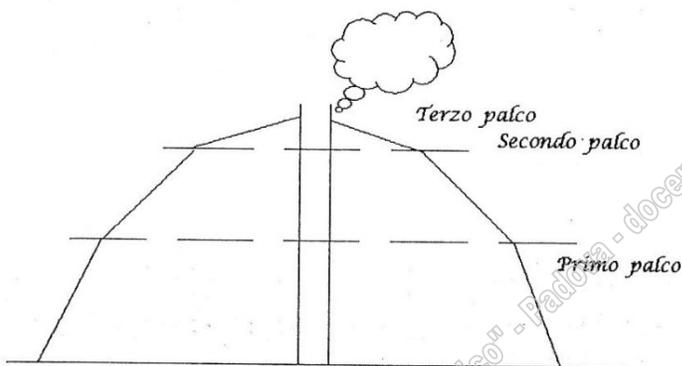
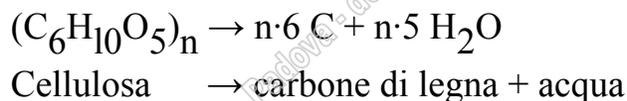


Figura 8 - schema di costruzione di una carbonaia.

Quando il cumulo di legna era sufficientemente acceso, si chiudevano gli accessi dell'aria e si lasciava che la carbonizzazione procedesse lentamente, evitando lo sviluppo di fiamme all'esterno. La durata della carbonizzazione durava circa otto giorni e altrettanto durava il raffreddamento⁵.

Facendo riferimento alla cellulosa, il maggiore costituente del legno (30-60% in peso) ed attribuendo ad essa la formula bruta $(C_6H_{10}O_5)_n$ possiamo dire che nel corso della carbonizzazione del legno aveva luogo la seguente reazione:



Da questa reazione si può desumere che la **resa teorica** in carbone di legna (considerando solo quello proveniente dalla cellulosa) era del **44%** del valore iniziale. Poiché il carbone di legna contiene sempre residui molecolari contenenti ancora idrogeno e ossigeno e tenendo presente che nel legno, oltre alla cellulosa, sono presenti anche **lignina** (componente più ricco in carbonio rispetto alla cellulosa) e altri componenti minori, non è possibile stabilire a priori un valore preciso per la **resa teorica in carbone di legna**.

La resa teorica può comunque stimarsi tra il **44** e il **55%** del peso iniziale della legna, a cui va però sottratta la percentuale di legna che viene bruciata per soddisfare alle esigenze termiche del processo di carbonizzazione.

In soldoni, da **100 m³** di legna secca si ottengono, a seconda delle dimensioni della pezzatura, da **50** a **75 m³** di carbone di legna. Se tuttavia si fa riferimento al peso e non al volume, la resa media **in peso** si abbassa notevolmente, oscillando tra il **20÷25%**. In definitiva alla fine del processo resta una quantità di **carbone di legna** variante tra **1/4** e **1/5** e del **peso iniziale del combustibile** introdotto nella carbonaia.

La spiegazione del fatto che nei processi pirometallurgici la legna sia stata abbandonata a favore del carbone di legna è duplice. Innanzitutto ciò si giustifica con il diverso **potere calorifico**, inteso come la quantità di energia termica (calore) ottenibile bruciando un chilogrammo di combustibile. Il **potere calorifico inferiore** (quello sfruttabile nella pratica del periodo considerato) di un buon **carbone di legna** arriva a **7500 Kcal/kg**, mentre per la **legna stagionata** all'aria (circa il 15% di umidità) si scende subito a **3200 Kcal/kg**.

⁵ Modernamente il processo di carbonizzazione è fatto avvenire in **storte** (contenitori a forma di fiasco dal collo lungo e ritorto), che offrono una maggiore resa in carbone, oltre al recupero dei prodotti volatili.

Se tuttavia l'umidità raggiunge il 30% (caso non infrequente) il potere calorifico inferiore scende fino a 2500 Kcal/kg; in altri termini, parlando a spanne, possiamo affermare che **il carbone di legna come combustibile vale tre volte la legna di partenza.**

L'altra questione, non secondaria, è che grazie al processo di carbonizzazione, illustrato più sopra, potevano trovare utilizzo come combustibile nei processi pirometallurgici anche quei prodotti vegetali di scarto, come ramaglie, arbusti, cespugli, altrimenti inutilizzabili. Questo era della massima importanza nelle aree aride, pre-desertiche, come quelle mediorientali, dove la vegetazione era anche allora piuttosto povera e quindi era pressoché impossibile trovare in loco legna in abbondanza da destinare ai forni fusori.

Una volta avuto a disposizione un ottimo **combustibile**, come il carbone di legna, perché la **combustione** potesse avvenire era tuttavia necessaria sulla scena la presenza di un secondo attore, non meno importante del primo: il **comburente**! Chi era costui?

Semplice: l'**ossigeno** dell'aria, senza il quale nessuna combustione è fattibile.

Gli antichi orafi avevano ben compreso l'importanza di **apportare artificialmente** dell'aria per rendere più vivace la combustione del carbone di legna, in modo da poter raggiungere più facilmente la temperatura di fusione del metallo.

Ora il modo più naturale di attizzare un fuoco era quello di soffiarcisi sopra, come oggi ci insegna un qualsiasi boy-scout. Dal soffiare con la bocca ad usare una canna cava non ci correva molto. I **soffiatoi a canna** potevano essere costituiti da tubi di metallo con le estremità di argilla o anche da semplici canne vegetali con la punta di terracotta.



Figura 9 - Bassorilievo egizio rappresentante operai addetti alla fusione dell'oro: qui la quantità da fondere è modesta. Nel caso di forni di grandi dimensioni l'operazione sarebbe stata pressoché impossibile.

Ben presto i fonditori di metallo cercarono delle soluzioni alternative, perché soffiare diventa alla lunga faticoso, soprattutto se aumentano le dimensioni del forno. Il mantice a otre fu una soluzione ingegnosa a questo problema. Si trattava di una pelle di animale (spesso quella di una capra) con un tubo per l'adduzione dell'aria alla fornace fissato a una delle zampe della pelle stessa.

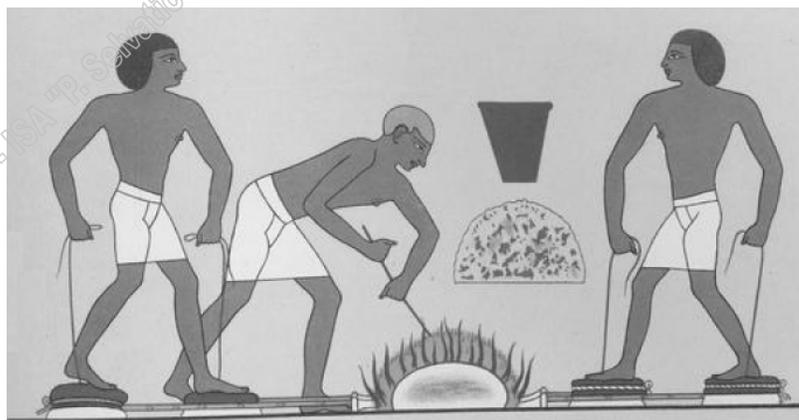


Figura 10 - Riproduzione di un particolare di un dipinto della tomba di Rekhmire, Tombe dei Nobili, Tebe (1504 - 1450 a.C.). Da una litografia tratta da un testo di Emile Prisse, Parigi 1878.

In Egitto, in una fase più evoluta i mantici a otre furono sostituiti da sistemi più efficienti, costituiti da due soffiotti che venivano azionati in coppia da un solo operaio mediante l'uso contemporaneo dei piedi e delle mani; ciò garantiva, con poca fatica, un flusso costante ed abbondante di aria, permettendo temperature sempre più elevate.

Il metallo venuto dal cielo

Non sono molti gli elementi metallici che si trovano in natura allo stato nativo, cioè non combinati. È facile prevedere che tale prerogativa sia caratteristica dei metalli che hanno poca affinità per l'ossigeno (e per i non-metalli in generale). Questa **INERZIA CHIMICA** è la ragione della **NOBILTÀ** di alcuni metalli, nobiltà che tuttavia non è la stessa per tutti i metalli nativi. Tra essi l'oro (simbolo **Au**) è l'esempio più sommo e più noto, fin dal periodo che stiamo considerando. Ad analogo grado di "nobiltà" dobbiamo ricordare anche il platino (simbolo **Pt**) ed altri metalli della sua famiglia, i **PLATINIDI**: l'osmio, l'iridio, il rutenio, il rodio e il palladio.

Di questi sei metalli quello più noto è il platino che è tuttavia un metallo raro, il cui uso fu praticamente sconosciuto nel continente euroasiatico fino alla scoperta delle Americhe. Nell'America precolombiana, in particolare sulla costa che va dalla Colombia al Perù, gli orafi locali non portavano a fusione direttamente i granellini di platino nativo, in quanto la temperatura di fusione di questo metallo ($T_f = 1769 \text{ }^\circ\text{C}$) è irraggiungibile con tecniche primitive, ma lo fondevano nell'oro fuso: un bell'esempio di utilizzo delle proprietà delle leghe!

Dire che oro e platino sono metalli nobili è affermare una cosa vera e ciò giustifica la loro esistenza allo stato nativo. Tuttavia ciò non significa che in natura non esistano in assoluto **COMPOSTI** in cui questi metalli risultino combinati. Ad esempio un **MINERALE** di platino è la **SPERRYLITE** (PtAs_2), presente in vari giacimenti, come in Canada, nello stato dell'Ontario. Minerali in cui l'oro è invece combinato con altri elementi sono ad esempio la **SILVANITE** (AuAgTe_4) (tellururo di oro e argento) e la **CALAVERTITE** (AuTe_2). La formazione dei composti di oro (e di platino) si può comprendere se si tiene conto della loro genesi, spesso in ambienti ad altissima temperatura, in cui anche i metalli più riottosi sono costretti ogni tanto ad entrare in combinazione con taluni elementi. Tuttavia i minerali di oro (e di platino) combinati chimicamente rappresentano, in fondo, poco più di una curiosità scientifica in quanto l'oro e il platino si trovano quasi esclusivamente allo stato nativo, cioè sotto forma di metallo; più del 90% dell'oro si trova in natura in questa forma⁶: La maggior parte degli altri metalli, compresi argento e rame, cugini "poveri" dei metalli nobili, non sono così fortunati come l'oro e il platino ed essi dalla fase magnetica, data l'elevatissima temperatura, generano quasi sempre minerali in cui i metalli risultano combinati chimicamente con non metalli (e talora con semimetalli). Queste prime deposizioni magnetiche danno origine ai cosiddetti **GIACIMENTI PRIMARI**. Questi ultimi nel corso di tempi molto lunghi, spesso dell'ordine di milioni di anni, subiscono una serie complessa di trasformazioni chimico-fisiche (dissoluzioni-precipitazioni-ossidazioni-carbonatazioni-riduzioni-ecc.) alla fine della quale si originano altri minerali, frutto di queste alterazioni e i loro rispettivi depositi vengono indicati come **GIACIMENTI SECONDARI**. Dover illustrare nei particolari questi cicli complicati di reazioni chimiche esula dai nostri compiti. Possiamo tuttavia segnalare che all'interno di questo laboratorio chimico primordiale

⁶ Metallo nativo, come già si è detto, non è sinonimo di metallo puro. Sia l'oro che il platino nativi sono infatti delle "leghe" naturali in cui assieme ai due metalli citati sono presenti altri metalli, in quantità variabili, talvolta anche elevate.

qual è il "ventre" della terra può accadere di tutto, anche che un metallo, precedentemente combinatosi in un composto, perda il proprio partner per la strada.... Pensiamo ora al **ferro** che tutti conosciamo bene e chiediamoci se sia facile o difficile trovarlo in natura come ferro nativo. La risposta è scontata: no!

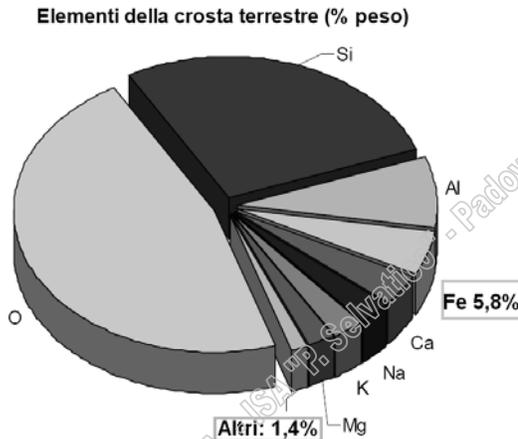
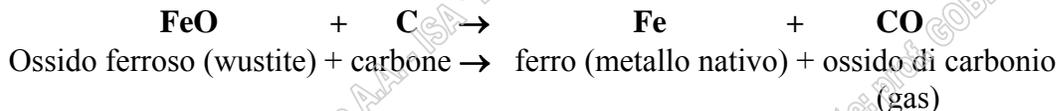


Figura 11 - Dal grafico si comprende che, in base alla loro concentrazione nella crosta terrestre il ferro (e ancora di più l'alluminio) avrebbero dovuto essere i metalli maggiormente a disposizione dei nostri progenitori.

Noi sappiamo infatti che esso è dotato di una grande affinità per l'ossigeno, molto, molto elevata. Infatti un pezzo di ferro, non protetto, arrugginisce all'aria (in presenza di umidità) molto velocemente e dopo poco tempo è

totalmente alterato. Per questa ragione è da pensare che sulla crosta terrestre il ferro metallico sia introvabile. La previsione, teoricamente ineccepibile, non è vera in assoluto! Il ferro nativo, di origine tellurica⁷, è raro, rarissimo, pressoché introvabile, ma esiste!

La spiegazione del mistero può essere così riassunta. Quando capita il fatto, molto raro, che un magma contenente un composto del ferro, ad esempio FeO, venga a contatto con un giacimento di carbone fossile (in pratica carbonio, più o meno puro) si creano le condizioni perché l'ossigeno venga "strappato" al ferro in quanto il carbonio è un avido predatore di ossigeno, cioè è un forte **RIDUCENTE**. Volendo buttare lì, in una scrittura sintetica, quanto appena detto, possiamo scrivere:



Una tipica giacitura di questo genere è quella dell'isola di Disko, vicino alla Groenlandia; ne sono note poche altre su tutta la terra. L'estrema rarità del ferro nativo, molto più raro dell'introvabile oro, rese impossibile lo sviluppo di un'autentica civiltà del ferro, nel periodo considerato, nonostante la buona volontà del cielo....

Sì, perché di tanto in tanto un po' di questo introvabile metallo veniva (e viene) inviato direttamente nello spazio....sotto forma di **METEORITI**. Alcune di esse sono interamente metalliche e possono raggiungere il peso di alcune tonnellate. Sono costituite da ferro, in lega con nichel e cobalto (in proporzioni varianti dal 5% al 14% di Ni e Co) una sorta di **ACCIAIO INOSSIDABILE NATURALE**, di composizione simile a quelle delle pentole **INOX** di casa vostra. Questo metallo celeste⁸, inviato di certo dagli dei, doveva possedere un fascino notevole misto ad un naturale timore reverenziale. Doveva comunque essere di difficile lavorazione per l'uomo primitivo perché infusibile con le tecniche del tempo ed anche durissimo da martellare. Buono al più per fare amuleti scaramantici. D'altra parte non toccate anche voi ferro quando il professore si prepara ad interrogare?

⁷ Cioè di origine terrestre.

⁸ La parola sumerica che designa il ferro significa **METALLO DEL CIELO**, in egiziano il ferro si indicava col termine **RAME NERO DEL CIELO**.