

Le leghe di rame e la monetazione: la moneta unica europea

M. Lancia, E. Martellucci

Il rame e le sue leghe sono da sempre impiegati nel campo della monetazione per le loro caratteristiche peculiari (resistenza alla corrosione, proprietà battericide, valore estetico della colorazione ottenibile con l'aggiunta di altri elementi, facilità di conio ecc.). Anche per i principali tagli dell'Euro le leghe di rame sono largamente rappresentate dal "Nordic Gold" (CuAl5Zn5Sn1), dal "Nickel Brass" (CuZn20Ni5) e dal Cupronickel (CuNi25).

Ad un approccio superficiale il prodotto "moneta" può sembrare di facile realizzazione, ma in effetti è molto sofisticato: un esame più accurato infatti mette in evidenza le difficoltà che i produttori di leghe per monete ed i coniatori si sono trovati a dover risolvere insieme. In particolare si sono dovute affrontare le problematiche connesse con il riconoscimento automatico da parte delle "vending machines" che richiedono tolleranze dimensionali e di conducibilità elettrica molto ristrette.

Il Gruppo KME è fortemente impegnato, sia sotto il profilo della ricerca sia sotto il profilo della produzione, nella collaborazione con le zecche europee per la fornitura di semilavorati per monetazione con elevato livello qualitativo grazie agli impianti tecnologicamente avanzati di cui dispone, al know-how acquisito da tempo nel settore e ai rigorosi controlli cui vengono sottoposte le sue produzioni.

Parole chiave: rame e sue leghe, corrosione, lavorazioni plastiche a freddo, caratterizzazione materiali

INTRODUZIONE

Il rame e le sue leghe, insieme a oro ed argento, sono da sempre stati impiegati per la produzione di monete: le prime monete dell'antica Grecia furono di oro e di rame; i Romani fecero largo uso del rame, tanto che Servio Tullio (578 a.C.) conì solo monete in questo metallo e le chiamò "pecunie". Successivamente Augusto (23 a.C.) conì monete di rame chiamate "assi". Ricordiamo infine il "quattrino" del Medio Evo (così chiamato perché valeva quattro denari), coniato dalla Repubblica Fiorentina, termine ancora oggi in uso come sinonimo di denaro. Nel 1865 fu costituita fra Italia, Francia, Svizzera e Belgio "L'Unione Monetaria Latina", basata su un rapporto fisso di valori tra oro, argento e rame. Ancora oggi, se consideriamo le monete circolanti in Europa, ci accorgiamo che la maggior parte di esse sono costituite da leghe di rame o combinazioni di esse con altri metalli. Storicamente, rispetto all'argento e all'oro, questo metallo si è affermato nel campo della monetazione essenzialmente per la sua abbondanza, che ne assicurava la permanente disponibilità, e per la facilità di coniazione. I motivi per cui tuttora le leghe di rame sono le più largamente impiegate nel settore della monetazione, possono essere così di seguito schematizzati:

a) **FACILITÀ DI CONIATURA.** Per quanto riguarda la facilità di coniazione questo, insieme al maggiore valore "estetico", è uno dei principali motivi che fa preferire le leghe di rame all'acciaio. Le condizioni per le quali un metallo duttile è idoneo al conio possono venire stabilite in termini di carico di compressione che il sistema di matrici deve esercitare sul pezzo per coniarlo: in particolare il risultato è funzione della resistenza e delle caratteristiche di deformazione del materiale e, come è noto, le leghe di rame uniscono a buone caratteristiche meccaniche, una elevata duttilità.

- b) **ELEVATA RESISTENZA ALLA CORROSIONE.** Uno dei parametri da tenere più in conto nella scelta delle leghe da monetazione è quello della resistenza alla corrosione causata dalle molteplici situazioni ambientali a cui le monete possono essere esposte nel tempo. Il fenomeno corrosivo si origina come una opacizzazione del colore e prosegue con uno scurimento generalizzato (tarnishing) e quindi con la comparsa di una corrosione di notevole entità, più o meno localizzata. Gli studi di resistenza al tarnishing sono generalmente basati su metodi elettrochimici o su test comparativi di resistenza alla corrosione in ambienti diversi.
- c) **ASPETTO ESTETICO.** Le gradevoli tonalità dal rosso, al giallo oro, al bianco argento che è possibile ottenere alligando il rame con altri metalli rappresentano uno degli elementi principali per cui da sempre questo elemento è stato scelto per la coniazione di monete. In effetti, come si può osservare sinteticamente nel diagramma di fig. 1 (relativo al sistema CuZn e CuNi), con il rame e le sue leghe è possibile ottenere un'ampia gamma di colorazioni, a seconda del tipo e della quantità dell'elemento (o degli elementi) aggiunti. Sempre la stessa figura evidenzia come, a parità di concentrazione, l'effetto di un metallo "bianco" aggiunto al rame, può, dal punto di vista del colore, essere notevolmente diverso per cui mentre un ottone con concentrazione anche elevata di zinco (fino al 40%) è ancora una lega gialla, il nichel aggiunto al rame in concentrazione del 20% dà una lega nettamente bianca. Una gradevole colorazione simile all'oro viene ottenuta con leghe ternarie che impiegano l'alluminio e lo zinco, come per esempio nel caso della lega Nordic Gold (CuAl5Zn5Sn1), scelta per le monete da 10, 20 e 50 centesimi di EURO.
- d) **BATTERIOSTATICITÀ.** Per batteriostaticità si intende la proprietà di bloccare la proliferazione di batteri nocivi. Il rame possiede tale caratteristica e ciò è tenuto in considerazione in vari campi di applicazione come per esempio nella produzione di maniglie (generalmente in

Massimo Lancia, Elena Martellucci

Centro Ricerche Europa Metalli S.p.A, Fornaci di Barga, Lu

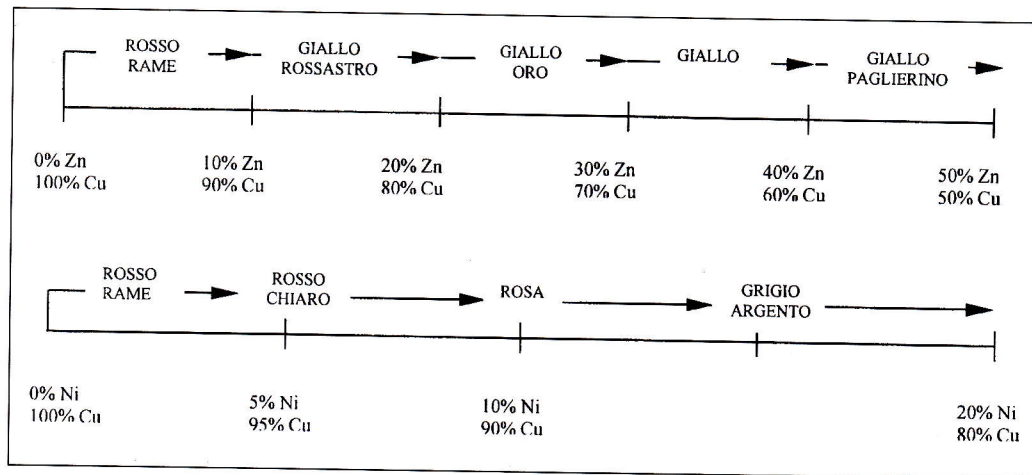


Figura 1. Variazioni di colore in relazione alla quantità di zinco o di nichel aggiunte al rame.

Figure 1. Variation of colour related to the percentage of zinc or nickel in a copper alloy.

ottone), impiegate soprattutto negli edifici pubblici (primi fra tutti gli ospedali) e per le tubazioni per impianti di distribuzione dell'acqua potabile (Cu disossidato al fosforo). In quest'ultimo caso numerosi studi hanno dimostrato che il rame svolge una forte azione inibitrice nella proliferazione di molti batteri patogeni che possono essere presenti nell'acqua potabile, fra cui la temibile Legionella pneumophila, responsabile di una forma molto grave di polmonite fulminante. L'aspetto batteriostatico del rame è tenuto in forte considerazione anche nella produzione delle monete che, passando di mano in mano, possono costituire un facile veicolo di diffusione delle malattie.

e) **RESISTENZA ALL'ABRASIONE, ALL'URTO E ALL'USURA.** Poiché le monete sono soggette a continua manipolazione e a sfregamento le une con le altre (nei portafogli, nelle tasche, nei registratori di cassa, nelle vending machines ecc.) è evidente che i metalli di cui sono fatte devono avere proprietà meccaniche sufficientemente elevate a garantire nel tempo le tipiche caratteristiche dimensionali e di conio di ciascun tipo di moneta. Questa è una delle ragioni per cui il rame viene raramente usato da solo per la fabbricazione di monete ma si trova sempre in aggiunta ad altri metalli, che ne aumentano le caratteristiche meccaniche.

f) **CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MAGNETICHE MODULABILI.** Tra le proprietà fisiche dei materiali per coniazione la conducibilità elettrica riveste un ruolo di primo piano in relazione all'uso delle monete nelle "vending machines". In effetti questo è uno dei principali parametri (oltre a diametro, peso e spessore) di cui si servono tali macchine per discriminare le monete; l'effetto di metalli alliganti permette di ottenere valori di conducibilità diversa a seconda del tipo e della concentrazione di metallo aggiunto. Per esempio la lega Nordic Gold (CuAl5Zn5Sn1), impiegata per le monete da 10, 20 e 50 cents di Euro, ha una conducibilità elettrica dell'ordine del 16 % IACS mentre la lega Nickel Brass (CuZn20Ni5), che costituisce il cuore della moneta da 2 Euro e la corona di quella da 1 Euro, ha una conducibilità elettrica di 14,5 % IACS. Un'altra caratteristica che spesso viene sfruttata ai fini delle discriminazione delle monete dai distributori automatici è la permeabilità magnetica. Il nichel ed il ferro hanno elevate proprietà magnetiche e la loro aggiunta alle leghe di rame, che generalmente hanno valori di permeabilità magnetica intorno a 1, permette di modulare tale proprietà. Per accentuare ulteriormente questo effetto si ricorre a monete placcate in cui lo strato più interno è costituito da nichel (es. monete da 1 e 2 EURO).

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E DESIGN DELL'EURO

Il primo Gennaio 2002 l'Euro inizierà a circolare negli 11 paesi che hanno aderito alla moneta unica con banconote in 7 diversi tagli e con monete in 8 conii.

Le direttive primarie volte alla scelta del design dell'Euro assegnavano alle zecche di ogni singolo paese partecipante la possibilità di scegliere il disegno per una faccia di ogni taglio mentre l'altra avrebbe avuto un design comune.

Luc Luycx, designer della Zecca Belga, è stato scelto da un'apposita commissione per creare il lato comune dell'Euro e, potendo scegliere tra tre temi: architettura, personaggi europei famosi e soggetti astratti, ha optato per quest'ultimo. Il tema scelto da Luycx rappresenta il cammino dei paesi europei verso l'unificazione; nelle monete da 1, 2 e 5 centesimi gli stati si avvicinano gradualmente gli uni agli altri fino a fondersi nel conio delle monete da 1 e 2 Euro.

Nel disegnare il conio Luycx ha cercato di rendere facilmente identificabile il taglio della moneta nei vari conii indicandolo in grande dimensione e in differente posizione rispetto al motivo. Le altre caratteristiche che rendono facilmente identificabili le monete sono:

- Differente sezione e peso
- Differente materiale usato e colore
- Bordi lavorati in maniera differente per ogni conio.

Nella scelta dei materiali si è cercato di fare attenzione anche a problemi di salute pubblica. Per tale motivo, per le monete da 10, 20 e 50 centesimi, è stata introdotta una lega nickel-free, il Nordic Gold (CuAl5Zn5Sn1), per limitare fenomeni allergici dovuti appunto al nichel. Le caratteristiche principali delle monete componenti l'Euro sono riportate in Tab. 1.

CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE E MECCANICHE DELLE LEGHE DI RAME IMPIEGATE PER LA PRODUZIONE DELL'EURO (NORDIC GOLD, NICKEL BRASS, CUPRONICHEL 25)

Le problematiche connesse con il riconoscimento delle monete da parte dei distributori automatici ("vending machines"), già accennate al punto F) del paragrafo introduttivo, si traducono, per il produttore delle leghe da monetazione, in un rigido controllo delle caratteristiche di composizione e delle proprietà meccaniche; tali parametri infatti condizionano fortemente la conducibilità elettrica delle monete che, insieme alle caratteristiche dimensionali, alla forma, al peso ed alla permeabilità magnetica, sono i fattori di cui tengono conto le "vending machines". Inoltre, le restrizioni sulla conducibilità del semilavorato (laminato) sono rese ancor più rigide dalla necessità di ovviare ad una ulteriore dispersione dei valori di conducibilità stessa dovuta, sia a lavorazioni successive sia all'utilizzo delle "vending machines" in paesi climaticamente molto diversi.









| Taglio | Diametro in mm | Spessore in mm | Peso in gr. | Forma | Colore | Composizione | Bordo |
|---|----------------|----------------|-------------|----------------|--|---|---------------------|
|  | 16.25 | 1.32 | 2.2 | Circolare | Rosso | Acciaio Ramato | Liscio |
|  | 18.75 | 1.36 | 3 | Circolare | Rosso | Acciaio Ramato | Liscio con un solco |
|  | 21.75 | 1.41 | 3.9 | Circolare | Rosso | Acciaio Ramato | Liscio |
|  | 19.75 | 1.51 | 4.1 | Circolare | Giallo | Nordic Gold (CuAl5Zn5Sn1) | Zigrinato |
|  | 22.25 | 1.63 | 5.7 | Fiore Spagnolo | Giallo | Nordic Gold (CuAl5Zn5Sn1) | Piano |
|  | 24.25 | 1.69 | 7 | Circolare | Giallo | Nordic Gold (CuAl5Zn5Sn1) | Zigrinato |
|  | 23.25 | 2.125 | 7.5 | Circolare | Parte esterna: giallo Parte interna: bianco | ext: Nichel Brass (CuZn20Ni5) int.: Wafer di Cupronichel CuNi25 + Ni+ Cupronichel CuNi25 | Zigrinato a tratti |
|  | 25.75 | 1.95 | 8.5 | Circolare | Parte esterna: bianco Parte interna: giallo | ext.: Cupronichel CuNi25 int.: Wafer di Nickel Brass (CuZn20Ni5) + Ni+ Nickel Brass | "Edge lettering" |

Tabella 1. Caratteristiche principali dei vari tagli delle monete Euro.

Table 1. Main characteristics of the Euro coins.

Specifiche di composizione e caratteristiche meccaniche richieste dalle zecche

Come anticipato le zecche richiedono specifiche piuttosto severe su composizione, tolleranze dimensionali e proprietà fisiche delle leghe da monetazione. In tabella 2 riportiamo alcune specifiche per le leghe di rame utilizzate nella produzione delle monete di Euro.

Per quanto riguarda la composizione chimica particolare attenzione deve essere rivolta al controllo del tenore di impurezze, in particolare modo per quegli elementi (come per es. il ferro e il fosforo) che influenzano fortemente la conducibilità elettrica del rame.

Caratteristiche meccaniche

L'elevata duttilità del rame e delle sue leghe rende possibile eseguire cicli di deformazione plastica a freddo anche molto spinti senza dover ricorrere a ricotture intermedie. Vista l'influenza della lavorazione a freddo sulle caratteristiche

meccaniche della lega i cicli di lavorazione vengono messi a punto dal produttore del laminato in modo da ottenere un prodotto finale che abbia durezza, carico di rottura/snervamento ed allungamento percentuale tali da rientrare nelle specifiche richieste dal produttore del tondello.

Nelle figure 2.A-C sono riportate le curve carico di rottura e di snervamento vs. riduzione % determinate sperimentalmente e relative alle leghe Nordic Gold, Nickel Brass e Cupronichel25.

Dal confronto dei grafici riportati in figura 2 emerge che il Nordic Gold ha una maggiore riserva di plasticità rispetto alle altre due leghe: in effetti vediamo che il valore del carico di snervamento non raggiunge mai quello del carico di rottura, anche per alte riduzioni percentuali (cfr. fig. 2.A). D'altra parte per le leghe Nickel Brass e CuNi25 anche per deformazioni non molto spinte non vi è più margine fra carico di snervamento e carico di rottura. La maggior riserva di plasticità del Nordic Gold è confermata anche dalla curva

Tabella 2. Specifiche relative alle leghe da monetazione.

Table 2. Specifications for the coinage alloys.

| | Nordic Gold ⁽¹⁾ | Nickel Brass ⁽³⁾ | Cupronichel ⁽³⁾ |
|------------------------|----------------------------|--|---|
| Rame | Complemento al 100% | 74÷76% | 74,0÷76,0% |
| Alluminio | 5% ± 0,5% | /// | /// |
| Zinco | 5% ± 0,75% | 19÷21% | /// |
| Nichel | /// | 4,5÷5,5% | 24,0÷26,0% |
| Stagno | 1% ± 0,4% | /// | /// |
| Impurezze totali (max) | 0,5% | 0,5% | 0,5% |
| Durezza (HV30) | 180÷250 ⁽²⁾ | 95 sul piano 120 sul bordo ⁽⁴⁾ | 100 sul piano 120 sul bordo ⁽⁴⁾ |

⁽¹⁾Caratteristiche del laminato ⁽²⁾Stato fisico incrudito ⁽³⁾Caratteristiche del tondello ⁽⁴⁾Tondelli ricotti e brillantati

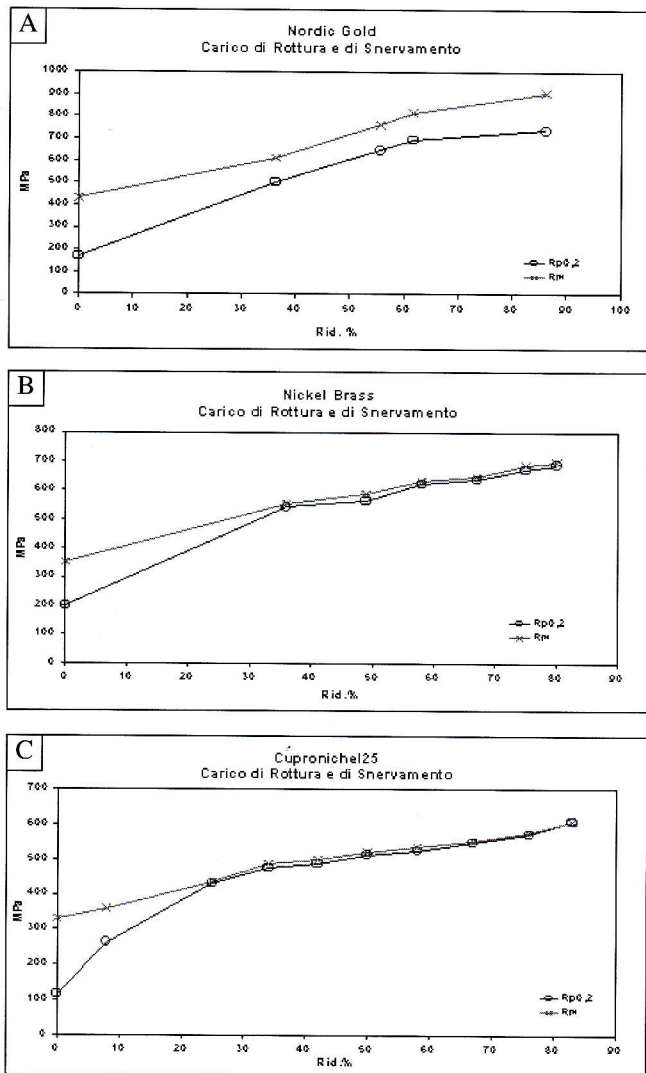


Figura 2. Variazione delle caratteristiche meccaniche (Rm e Rp) delle leghe da monetazione in funzione della riduzione di sezione %.

Figure 2. Variation of the mechanical characteristics (U.T.S. and Y.S.) in function of the percentage of reduction of section).

che riporta l'allungamento percentuale rispetto all'entità della deformazione plastica (cfr. fig. 3).

Dai grafici delle figure 2 e 3, unitamente a quello riportato in fig. 4, relativo alla durezza, emerge inoltre che il Nordic Gold ha caratteristiche meccaniche superiori rispetto al Nickel Brass ed ancor più al Cupronichel25.

Caratteristiche elettriche

Come noto la conducibilità elettrica è funzione, a parità di composizione chimica e di tenore di impurezze, sia dello stato fisico del metallo (cotto o incrudito) sia della temperatura. Ciò introduce delle variabili di cui devono tener conto sia i produttori di laminati/monete sia i costruttori delle vending machines.

Nel grafico di fig. 5 viene riportato un esempio di variazione della conducibilità elettrica delle tre leghe in esame in funzione dell'incrudimento espresso come riduzione percentuale dello spessore del laminato. Nel caso del Nordic Gold si ha una sensibile diminuzione di conducibilità elettrica all'aumentare dell'incrudimento (DIACS% circa 2,5 unità passando da 0 a 86% di rid.%) mentre sia per il Nickel Brass che per il Cupronichel25 l'influenza dello stato fisico sulla conducibilità risulta essere notevolmente inferiore (circa 0,5 per il primo e circa 0,2 per il secondo).

Questo fatto implica che l'operazione di coniazione può in-

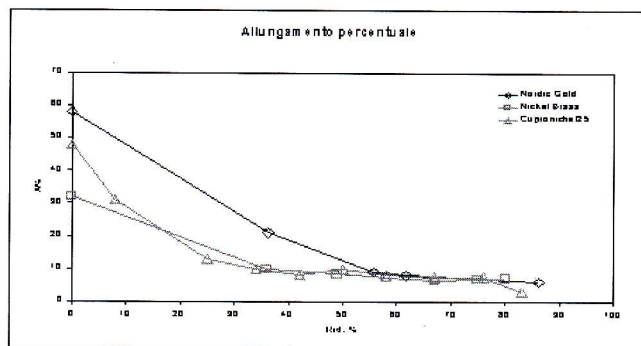


Figura 3. Variazione dell'allungamento percentuale in funzione della riduzione di sezione percentuale.

Figure 3. Variation of elongation in function of the percentage of reduction of section).

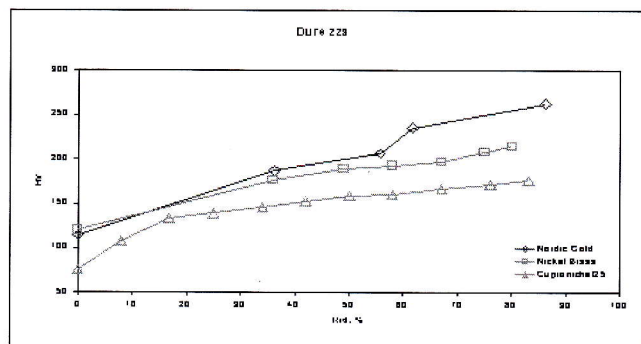


Figura 4. Variazione della durezza HV in funzione della riduzione di sezione percentuale.

Figure 4. Variation of HV hardness in function of the percentage of reduction of section).

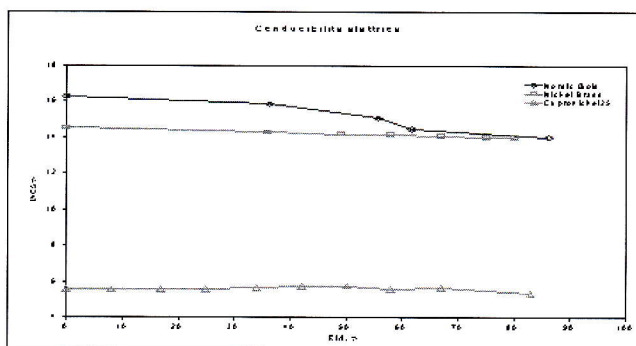


Figura 5. Variazione della conducibilità elettrica delle tre leghe da monetazione in funzione della riduzione percentuale di spessore.

Figure 5. Variation of the electrical conductivity of the three alloys for coinage in function of the percentage of reduction of section).

fluire sensibilmente la conducibilità elettrica delle monete di Nordic Gold (stimata in una diminuzione di 0,2÷0,4 IACS%) mentre l'incrudimento prodotto dal conio ha influenza trascurabile sulla conducibilità elettrica sia del Nickel Brass che del Cupronichel.

In riferimento alla temperatura è evidente che le condizioni ambientali a cui è sottoposta una moneta in Paesi a clima freddo (es. Finlandia) sono notevolmente diverse da quelle a cui sottostanno le monete nei Paesi a clima caldo (es. Italia e Spagna).

Per valutare l'influenza della temperatura sulla conducibilità elettrica delle leghe da monetazione (Nordic Gold, Nickel Brass e CuNi25) sono state effettuate misure di resistenza

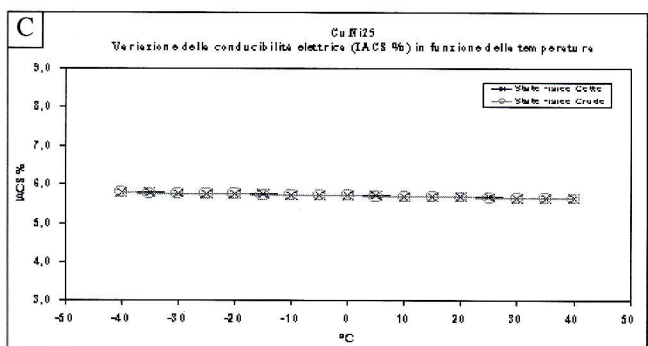
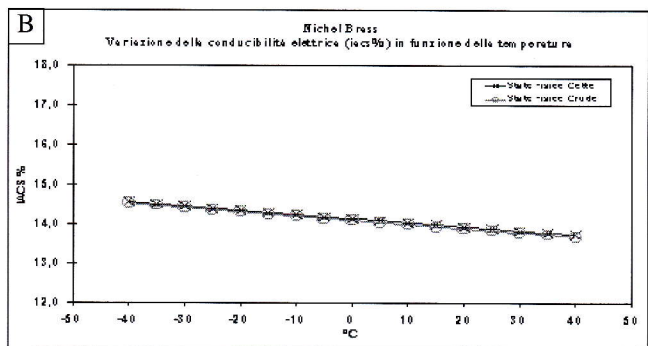
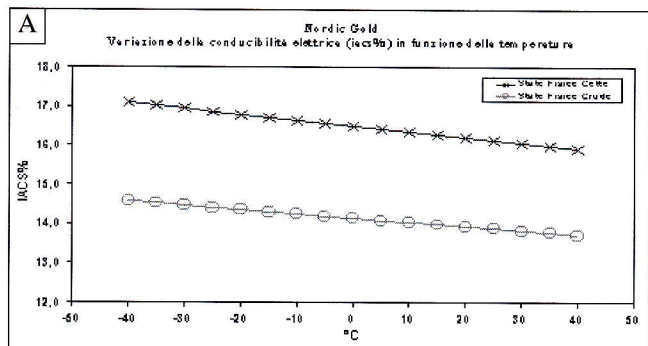


Figura 6. Variazione della conducibilità elettrica in funzione della temperatura.

Figure 6. Variation of the electrical conductivity in function of temperature).

elettrica con apparecchiatura Leybold RW2+RGD510 su laminati nello stato fisico sia di crudo sia di cotto, nell'intervallo di temperatura compreso tra -40 °C e + 40 °C. I valori ottenuti sono riportati nei grafici seguenti (cfr. fig. 6.A÷C). A titolo di esempio, una moneta di Nordic Gold avrà una variazione di conducibilità che potrà verosimilmente oscillare tra 13,72 IACS% (40° C) e 14,40 IACS% (-20°C) solamente per effetto delle condizioni climatiche. Per il Nickel Brass si va da 14,3 IACS% (a -20°C) a 13,7 IACS% (a+40°C) mentre, nel caso del Cupronickel, la variazione di conducibilità nello stesso intervallo di temperatura scende a circa 0,1 IACS%.

RESISTENZA ALLA CORROSIONE DELLE LEGHE PER MONETAZIONE

Per le monete è desiderabile che la colorazione, sia che richiami quella dell'oro sia quella dell'argento, si mantenga il più a lungo possibile. Per tale motivo un parametro da tenere ben presente nella scelta di una lega per monetazione è la resistenza che essa offre agli agenti corrosivi. Infatti, un'insufficiente resistenza alla corrosione causa, in tempi più o meno brevi, una opacizzazione della superficie della moneta ("tarnishing").

Vari sono i metodi utilizzati nella determinazione della resistenza al tarnishing ma, in ogni caso, tutti prevedono una valutazione visiva, e quindi soggettiva, della superficie dopo trattamento in ambienti corrosivi. Il fatto è che nel caso delle leghe da monetazione, in virtù della peculiarità d'uso del prodotto finito, è praticamente impossibile poter ricostruire in laboratorio tutte le varie situazioni ambientali in cui una moneta si potrà venire a trovare nel corso del tempo, perciò può succedere che i risultati di rigorosi test di laboratorio siano poi smentiti dal compartimento verificato nella pratica. Ciò spiega perché spesso i tests di resistenza al tarnishing dedicati alle leghe da monetazione includano prove piuttosto empiriche come per esempio quella di distribuire monete a individui diversi che le dovranno tenere nelle tasche dei propri indumenti per un certo stabilito periodo al termine del quale non sarà difficile scoprire che la stessa lega ha avuto un comportamento diverso con individui diversi.

Tabella 3. Risultati del test descritto in "Kupfer-Muenzwerkstoffe Hoher Korrosions- und Anlaufbestaendigkeit".

Table 3. Results of the corrosion test described in "Kupfer - Muenzwerkstoffe Hoher Korrosions- und Anlaufbestaendigkeit".

| Legga | Ambiente del test | | | | | | Tot. |
|---------------|-------------------|---|---|---|---|---|------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| CuZn2,5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 23 |
| CuZn5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 23 |
| CuZn7,5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| CuZn10 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 26 |
| CuZn25 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 22 |
| CuZn2,5Al2,5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 27 |
| CuZn5Al2,5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 28 |
| CuZn10Al2,5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 26 |
| CuZn5Al5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 26 |
| CuZn7,5Ni7,5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 22 |
| CuZn10Ni5 | 2 | 5 | 3 | 5 | 2 | 3 | 20 |
| CuZn10Ni9 | 1 | 5 | 4 | 4 | 2 | 2 | 18 |
| CuZn15Ni5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 24 |
| CuZn15Ni15 | 1 | 5 | 4 | 4 | 2 | 2 | 18 |
| CuZn20Ni1 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 24 |
| CuZn20Ni5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 2 | 23 |
| CuZn25Ni10 | 1 | 5 | 4 | 4 | 2 | 2 | 18 |
| CuZn5Al2,5Sn1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 24 |
| CuNi10 | 2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 2 | 19 |
| CuAl6Ni2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 19 |

A. Temperatura ambiente con 80% di umidità. B. Temperatura ambiente con 100% di umidità, C. Temperatura ambiente in aria. D. 50 °C in aria. E. Temperatura ambiente in soluzione al 10% di NaCl. F. Temperatura ambiente in aria, toccando, maneggiando e rigirando i campioni tutti i giorni.

| 1a prova | | | 2a prova | | | |
|-----------|------------------|-----------------|-----------|-----------------------|------------------|-----------------|
| Posizione | Legha | Durata del test | Posizione | Posizione 1a prova | Legha | Durata del test |
| 1 | CuZn20Ni20 | b | 1 | 1 | CuZn20Ni20 | a |
| 2 | CuZn25Sn5Ni5 | a | 1 | 2 | CuZn25Sn5Ni5 | b |
| 3 | CuSn7Al3 | b | 3 | 6 | CuZn40Ni10 | |
| 4 | CuZn24Ni5,5Mn0,3 | | 3 | 12 | CuZn20Sn5 | |
| 5 | CuSn2Al7 | a | 5 | 9 | CuNi2Al6 | b |
| 6 | CuZn20Ni10 | | 6 | 5 | CuSn2Al7 | a |
| 7 | CuSn5Ni10 | b | 6 | 3 | CuSn7Al3 | b |
| 8 | CuNi2Al8 | | 8 | 4 | CuZn24Ni5,5Mn0,3 | |
| 9 | CuNi5Al8 | b | 9 | 8 | CuNi2Al8 | |
| 9 | CuNi2Al6 | b | 10 | 9 | CuNi5Al8 | |
| 11 | CuSn2Ni9 | | 10 | 14 | CuZn19Ni7Al2b | b |
| 12 | CuZn20Sn5 | | 12 | 11 | CuSn2Ni9 | |
| 13 | CuZn5Al5 | | 13 | 7 | CuSn5Ni10 | |
| 14 | CuZn20Al4 | b | 14 | 13 | CuZn5Al5 | |
| 14 | CuZn19Ni7Al2 | | 15 | 14 | CuZn20Al4 | |
| 16 | CuZn30Si2 | | 16 | 18 | CuZn30Sn5 | |
| 17 | CuNi6Al2 | | 17 | 16 | CuZn30Si2 | |
| 18 | CuZn30Sn5 | | 18 | 20 | CuZn20Si4 | |
| 18 | CuZn20Ni1 | | 18 | 22 | CuZn40 | |
| 20 | CuZn20Si4 | | 20 | 18 | CuZn20Ni1 | |
| 21 | CuSn5Mn10 | b | 21 | 17 | CuNi6Al2 | |
| 22 | CuZn40 | | 22 | 21 | CuSn5Mn10 | b |
| 23 | CuZn22Mg2 | a | 23 | 23 | CuZn22Mg2 | a |

| Durata del test | Prima prova | Seconda Prova |
|-----------------|-------------|---------------|
| A | 5 settimane | 6 mesi |
| B | 2 mesi | 7 mesi |
| altro | 3-4 mesi | 8-9 mesi |

Tabella 4. Risultati del test di corrosione descritto in US Patent 4,644,674.

Table 4. Results of the corrosion test described in US Patent 4,644,674.

A titolo di esempio sono riportati alcuni tests tratti dalla bibliografia ed utilizzati per determinare la resistenza al tarnishing di leghe di rame:

- a) In "Kupfer-Muenzwerkstoffe Hoher Korrosions- und Anlaufbestaendigkeit" Z. Metallkd, 73 (8), 522-525 (August 1982) è riportato che test accelerati di contatto con il solo sudore umano artificiale hanno dato risultati in contrasto con l'esperienza. Per simulare con maggiore attendibilità il comportamento delle monete nell'uso corrente la resistenza al tarnishing è stata valutata attraverso 5 differenti prove di corrosione eseguite, per una durata di 20 giorni, in differenti condizioni ambientali per simulare diversi livelli di aggressività. Il comportamento al test è stato poi valutato visivamente e quantificato assegnando un numero da 1 a 5 dove 1 = eccellente resistenza al tarnishing e 5= pessima resistenza al tarnishing (cfr. tab. 3).
- b) Nel test suggerito in US Patent 4,644,674 (Feb. 24, 1987) è riportata la seguente prova: un set di monete costituite da diverse leghe sono state tenute nelle tasche inizialmente per un periodo da 1 a 4 mesi (prima prova) e successivamente per un periodo da 6 a 9 mesi (seconda prova). Al

termine di ogni prova è stata eseguita una indagine visiva delle superfici. I risultati sono di seguito riportati in ordine decrescente di resistenza al tarnishing (cfr. tab. 4).

Si può notare come certe leghe, come la CuZn20Sn5, migliorano notevolmente la loro posizione nella classifica passando dalla prima prova (posizione 12) alla seconda prova del test (posizione 3).

CONCLUSIONI

Nel corso del presente lavoro è stato dimostrato come la realizzazione di un prodotto apparentemente facile come le monete richiede in realtà una elevata tecnologia ed un fattivo sinergismo fra le varie strutture implicate nella sua realizzazione: i produttori dei semilavorati, che forniscono i laminati e/o i tondelli, le Zecche, a cui spetta la coniazione, i produttori di vending machines. Per ottenere tutto questo è necessario avere alle spalle una profonda conoscenza delle tecniche metallurgiche e un apparato di ricerca che indirizzi le scelte di produzione e supporti le varie fasi di messa a punto dei cicli di lavorazione.

**COPPER ALLOYS AND COINAGE:
THE EUROPEAN SINGLE CURRENCY**

Copper and its alloys have been used in the field of coinage for a long time because of their particular characteristics (i.e. corrosion resistance, anti-microbial properties, the aesthetic value of the colour which is obtainable by adding other elements, minting feasibility etc...).

For the main values of Euro the principal copper alloys used are "Nordic Gold", "Nickel Brass" and "CuNi25". The national designs for the most important coins (2, 1 and 0,5 Euro) will be shown in the following report and these characterise the production of the individual State of The European Monetary Union.

Superficially coin production can seem very easy but in reality it is very sophisticated: a deeper examination shows difficulties that the coin alloy manufacturers and the Mints find themselves having to resolve. In particular it is necessary to consider the problems related to automatic recognition by vending machines which require very restricted tolerances for both dimensions and electrical conductivity. This is be-

cause the vending machines present on the market must be able to recognise the new European coins and to reject false coins. The compositional range of the components and of impurities allowed by the European norm will be illustrated in detail. From a metallurgical point of view the main mechanical characteristics will be introduced and also the strain hardening—curve typical of the copper alloys for coinage. Moreover we shall also show the graphs of the electrical conductivity variation in relation to strain hardening and those in relation to temperature taking into account the physical state.

There will also be a summary of the corrosion behaviour of the coinage alloys in various environments and in contact with the human sweat.

The KME Group is very involved both for the point of view of research and of production in the collaboration with European Mints for supplying semi - finished products for coinage. The very high quality level is due to the technological-ly advanced machinery at their disposal, to the know-how acquired over time in this sector and to the rigorous controls which the production undergoes.