



Camera di Commercio Industria, Artigianato e
Agricoltura di BRESCIA

Verbale di Deposito
Domanda di Brevetto
per INVENZIONE INDUSTRIALE

Numero domanda: **BS2013A000119**

CCIAA di deposito: **BRESCIA**

Data di deposito: **02/08/2013**

In data 02/08/2013 il richiedente ha presentato a me sottoscritto la seguente domanda di brevetto per Invenzione Industriale.

BRESCIA, 02/08/2013

L'Ufficiale Rogante

Diritti di Segreteria
Bolli Virtuali

15,00 EURO
20,00 EURO

TITOLARE: ALMAG S.P.A.

TITOLO: LEGA DI RAME COMPRENDENTE GRAFITE

RIASSUNTO

5 Una lega di rame, o ottone, comprende rame (Cu), in una
concentrazione compresa tra 50% e 70%, zinco (Zn), in
una concentrazione compresa tra 30% e 50%, e grafite
(C), in una concentrazione compresa tra 0,5% e 2%. In
tale lega di rame le particelle di grafite hanno una
10 dimensione compresa tra 2 e 40 micron. L'ottone così
ottenuto, essenzialmente privo di piombo e contenente
grafite omogeneamente distribuita, ha proprietà
meccaniche e di lavorabilità confrontabili con l'ottone
standard contenente piombo, oltre ad essere facilmente
15 riciclabile nel processo di fabbricazione.

RIVENDICAZIONI EMENDATE (VERSIONE SOSTITUTIVA)

1. Lega di rame comprendente:

- rame (Cu) in una concentrazione compresa tra 50% e 70%;

5 - zinco (Zn) in una concentrazione compresa tra 30% e 50%;

- grafite (C), in una concentrazione compresa tra 0,5% e 2%,

10 e in cui le particelle di grafite hanno una dimensione compresa tra 2 e 40 micron,

e in cui il ferro (Fe) è presente in una concentrazione compresa tra 0,01% e 0,3%.

2. Lega di rame, in accordo con la rivendicazione 1, in cui la grafite è presente in una concentrazione
15 compresa 0,8% e 1%.

3. Lega di rame, in accordo con la rivendicazione 1 o 2, in cui la lega di rame comprendente elementi residuali, ciascuno in concentrazione minore dello 0,3%,

20 4. Lega di rame, in accordo con la rivendicazione 3, in cui gli elementi residuali sono stagno (Sn) e/o ferro (Fe) e/o nickel (Ni) e/o arsenico (As) e/o alluminio (Al) e/o manganese (Mn) e/o silicio (Si) e/o fosforo (P) e/o cromo (Cr) e/o boro (B) e/o piombo (Pb).

25 5. Lega di rame, in accordo con la rivendicazione 4, in

cui lo stagno (Sn) e/o il ferro (Fe) e/o l'alluminio (Al) e/o l'arsenico (As) è presente in concentrazione minore dello 0,3%.

6. Lega di rame, in accordo con la rivendicazione 4 o
5 5, in cui lo il nickel (Ni) e/o manganese (Mn) e/o silicio (Si) e/o fosforo (P) e/o cromo (Cr) e/o boro (B) e/o piombo (Pb) è presente in concentrazione minore dello 0,1%.

7. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle
10 rivendicazioni precedenti, in cui il piombo (Pb) è assente o presente in concentrazione minore dello 0,02% o preferibilmente minore dello 0,05%.

8. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stagno (Sn) è
15 presente in una concentrazione compresa tra 0,01% e 0,3%.

9. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il ferro (Fe) è presente in una concentrazione compresa tra 0,2% e
20 0,3%.

10. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'alluminio (Al) è presente in una concentrazione minore dello 0,1%, preferibilmente minore dello 0,05%.

25 11. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle

rivendicazioni precedenti, in cui la lega è priva di titanio (Ti) o elementi delle terre rare (RE).

12. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il 90% delle
5 particelle di grafite ha una dimensione minore di 20µm.

13. Lega di rame, in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui le particelle di grafite hanno una dimensione media di circa 10µm.

14. Metodo di produzione di una lega di rame,
10 comprendente le fasi di:

- preparare un bagno fuso di rame (Cu), in una concentrazione compresa tra 50% e 70%, e zinco (Zn), in una concentrazione compresa tra 30% e 50%;

- aggiungere al bagno fuso grafite (C) in una
15 concentrazione compresa tra 0,5% e 2%;

in cui la fase di aggiungere al bagno fuso grafite (C) prevede di aggiungere particelle di grafite con una dimensione compresa tra 2 e 40 micron;

- aggiungere al bagno fuso ferro (Fe) in una
20 concentrazione compresa tra 0,01% e 0,3%.

15. Metodo di produzione di una lega di rame, in accordo con la rivendicazione 14, comprendente inoltre la fase di aggiungere al bagno fuso elementi residuali, come stagno (Sn) e/o alluminio (Al) e/o arsenico (As),
25 ciascuno in concentrazione minore dello 0,3%.

TITOLARE: ALMAG S.P.A.

DESCRIZIONE

Forma oggetto della presente invenzione una lega di
5 rame, in particolare un ottone essenzialmente privo di
piombo e contenente grafite.

Negli ottoni tradizionali (contenenti una base di Rame
e Zinco) è presente una certa percentuale di Piombo,
aggiunto appositamente per incrementare la lavorabilità
10 della lega. In particolare, per "lavorabilità" si
intende la produzione di truciolo corto durante la
lavorazione all'utensile, una minore usura
dell'utensile e un impiego per le lavorazioni anzidette
di macchine con potenze installate ridotte.

15 A seguito di nuove normative ambientali, la quantità di
piombo nella lega deve essere ridotta o eliminata: il
piombo presente nell'ottone risulta infatti ad elevata
tossicità a contatto con acqua potabile.

Stanno quindi conoscendo una notevole diffusione gli
20 ottoni senza piombo. Tuttavia, eliminando semplicemente
il piombo dalla lega si ottiene un ottone binario rame-
zinco (Cu-Zn) che, per la sua plasticità, si lavora con
difficoltà alle macchine utensili, ove si "impasta" e
forma trucioli lunghi a causa della continuità
25 microstrutturale della lega.

Pertanto, la rimozione del piombo dall'ottone a causa della sua tossicità implica anche la perdita delle proprietà positive legate alla presenza di piombo nella lega, con la conseguenza di notevoli difficoltà di
5 lavorazione del materiale.

All'ottone binario rame-zinco è quindi necessario aggiungere ulteriori elementi che ne migliorino la lavorabilità.

Nel settore si riscontra pertanto la necessità di
10 ottenere un ottone essenzialmente privo di piombo, che abbia le stesse caratteristiche di lavorabilità delle leghe con piombo, le stesse caratteristiche richieste al prodotto finale in termini di proprietà massive e qualità superficiale, e che non dia problemi di
15 carattere ambientale.

Scopo della presente invenzione è di risolvere i problemi dell'arte nota tenendo conto delle necessità del settore.

In particolare, scopo della presente invenzione è
20 quello di realizzare un ottone essenzialmente privo di piombo che abbia proprietà confrontabili con la lega al piombo e sia inoltre facilmente riciclabile nel processo di fabbricazione.

Tale scopo è raggiunto da una lega di rame in accordo
25 con la rivendicazione 1, e dal relativo metodo di

produzione della lega in accordo con la rivendicazione 14. Le rivendicazioni dipendenti descrivono forme di realizzazione preferite o vantaggiose della lega.

Le caratteristiche ed i vantaggi della lega secondo la
5 presente invenzione saranno evidenti dalla descrizione di seguito riportata, data a titolo esemplificativo e non limitativo, in accordo con le figure allegate, in cui:

- la figura 1 mostra la microstruttura dei campioni di
10 leghe di rame con diverse percentuali di grafite a confronto con il campione di lega di rame con piombo, osservata al microscopio ottico;

- la figura 2 mostra la microstruttura del campione di lega di rame con l'1% di grafite a confronto con il
15 campione di lega di rame con piombo, osservata al microscopio elettronico a scansione.

L'ottone secondo la presente invenzione comprende una base di rame e zinco, preferibilmente in una concentrazione 60% Cu e 40% Zn.

20 Tale tipologia di ottone CuZn40, noto anche come ottone Muntz, è tipico per lavorazioni di deformazione plastica a caldo, come stampaggio, fucinatura, estrusione.

Preferibilmente, il rame (Cu) è presente in una
25 concentrazione compresa tra 50% e 70%, preferibilmente

tra 57% e 65%.

Preferibilmente, lo zinco (Zn) è presente in una concentrazione compresa tra 30% e 50%, preferibilmente tra 35% e 42%.

- 5 L'elemento identificato per migliorare la lavorabilità della lega di ottone senza piombo è la grafite, o carbonio (C).

La grafite è stata selezionata come sostituto del piombo nell'ottone grazie alle sue proprietà
10 lubrificanti, all'inerzia chimica, alla tossicità in sostanza nulla, e soprattutto per la facilità di eliminazione del carbonio dalla lega per semplice fusione.

La lega di rame secondo la presente invenzione
15 comprende grafite in una concentrazione compresa tra 0,5% e 2%.

Preferibilmente, la lega di rame comprende grafite in una concentrazione compresa 0,8% e 1%.

Al fine di facilitare l'inserimento della grafite nel
20 bagno di produzione della lega e di migliorarne l'omogeneità di distribuzione, la dimensione delle particelle di grafite è compresa tra 2 e 40 micron.

Preferibilmente, il 90% delle particelle di grafite ha una dimensione minore di 20µm.

- 25 Preferibilmente, le particelle di grafite hanno una

dimensione media di circa 10µm.

Nella lega sono presenti inoltre elementi residuali, ciascuno in concentrazione minore dello 0,3%.

Gli elementi residuali presenti nella lega sono stagno
5 (Sn) e/o ferro (Fe) e/o alluminio (Al) e/o arsenico (As) e/o fosforo (P) e/o boro (B) e/o manganese (Mn) e/o nickel (Ni) e/o silicio (Si) e/o cromo (Cr) e/o piombo (Pb).

Gli elementi Sn, Al e As sono aggiunti per incrementare
10 la resistenza alla corrosione dell'ottone. Il Fe è aggiunto per contrastare la crescita dei grani cristallini durante il riscaldamento del materiale per lo stampaggio a caldo.

Gli elementi Sn, Al, As e Fe, se presenti nella lega,
15 sono in concentrazione minore dello 0,3%.

Preferibilmente, lo stagno (Sn) è presente in una concentrazione compresa tra 0,01% e 0,3%, preferibilmente tra 0,2% e 0,3%.

Preferibilmente, l'alluminio (Al) è presente in una
20 concentrazione minore dello 0,1%, preferibilmente minore dello 0,05%.

Preferibilmente, il ferro (Fe) è presente in una concentrazione compresa tra 0,01% e 0,3%, preferibilmente tra 0,2% e 0,3%.

25 I rimanenti elementi P, B, Mn, Ni, Si, Cr, Pb sono

residui derivanti dalle impurità presenti nelle materie prime utilizzate nel processo di lavorazione.

Gli elementi P, B, Mn, Ni, Si, Cr, Pb, se presenti nella lega, sono in concentrazione minore dello 0,1%.

- 5 Nella lega di rame, il piombo (Pb) è assente o presente in quantità solo residuale, meno dello 0,2%, preferibilmente meno dello 0,05%.

Preferibilmente, il nickel (Ni) è presente in una concentrazione compresa tra 0,01% e 0,3%,

- 10 preferibilmente inferiore a 0,1%.

Preferibilmente, il manganese (Mn) è presente in una concentrazione inferiore a 0,3%, preferibilmente inferiore a 0,1%.

Preferibilmente, il silicio (Si) è presente in una

- 15 concentrazione inferiore a 0,1%, preferibilmente inferiore a 0,05%.

Preferibilmente, il fosforo (P) è presente in una concentrazione inferiore a 0,1%, preferibilmente tra 0,01% e 0,08%.

- 20 Preferibilmente, il cromo (Cr) è presente in una concentrazione inferiore a 0,1%, preferibilmente inferiore a 0,02%.

Preferibilmente, il boro (B) è presente in una concentrazione inferiore a 0,1%, preferibilmente

- 25 inferiore a 0,05%.

La lega di rame secondo la presente invenzione è priva di elementi quali titanio (Ti) o elementi delle terre rare (RE).

La lega di rame secondo la presente invenzione
5 comprende quindi essenzialmente rame, zinco e carbonio. Pertanto, quando la lega viene rifiuta per il riciclo degli scarti di lavorazione (come trucioli da tornitura, spezzoni o in altra forma) la grafite scorifica lasciando come "residuo" la lega binaria rame
10 e zinco (CuZn40). Infatti, gli elementi residuali presenti nella lega, come stagno, ferro, nickel, alluminio, manganese, silicio, fosforo, cromo, boro, sono tipici dell'ottone, ed elementi come titanio e terre rare (che tenderebbero a rimanere
15 indesideratamente all'interno della lega), sono del tutto assenti.

L'ottone contenente grafite secondo la presente invenzione soddisfa una serie di requisiti, tra i quali:

- 20 - lavorabilità, intesa come truciolabilità e usura all'utensile, confrontabile con gli ottoni al piombo;
- medesima rugosità superficiale delle leghe al piombo dopo la lavorazione meccanica;
- caratteristiche meccaniche e tecnologiche almeno
25 paragonabili (come richiesto dalla normativa UNI EN

12164:2001;

- assenza di controindicazioni per le operazioni di estrusione e stampaggio a caldo e trafilatura a freddo effettuate secondo gli attuali processi;
- 5 - processi di produzione quanto più vicini agli attuali;
- costo finale di produzione comparabile con gli attuali costi di produzione delle leghe con piombo;
- l'elemento o il composto aggiunto non deve rilasciare
- 10 nelle acque sostanze pericolose al disopra del livello prestabilito dalle normative nazionali, europee ed extra-europee per la qualità dell'acqua destinata al consumo umano;
- l'elemento o il composto aggiunto non deve dar luogo
- 15 a difetti di sorta, come la porosità, in ogni fase di lavorazione tali da pregiudicare la tenuta dei particolari in esercizio;
- composizione chimica tale che gli sfridi di lavorazione siano facilmente riciclabili (non è
- 20 accettabile una gestione separata dei rottami in fase di preparazione della carica liquida).

La presente invenzione riguarda anche un metodo di produzione di una lega di rame, comprendente le fasi di:

- 25 - preparare un bagno fuso di rame (Cu), in una

concentrazione compresa tra 50% e 70%, e zinco (Zn), in una concentrazione compresa tra 30% e 50%;

- aggiungere al bagno fuso grafite (C), in una concentrazione compresa tra 0,5% e 2%, in cui le
5 particelle di grafite hanno una dimensione compresa tra 2 e 40 micron.

La dimensione delle particelle di grafite aggiunte al bagno della lega resta sostanzialmente la medesima durante la produzione dell'ottone. Pertanto, anche
10 all'interno dell'ottone finito la grafite è presente con particelle di dimensione compresa tra 2 e 40 micron.

Inoltre, il metodo di produzione della lega di rame, comprendente la fase di aggiungere al bagno fuso
15 elementi residuali, come stagno (Sn) e/o ferro (Fe) e/o alluminio (Al) e/o arsenico (As), ciascuno in concentrazione minore dello 0,3%.

Vengono di seguito riportati alcuni test eseguiti sulla lega di rame con grafite secondo la presente
20 invenzione, al fine di evidenziarne le proprietà meccaniche e di lavorabilità, che risultano del tutto confrontabili, se non addirittura migliori, rispetto a quelle di un tradizionale ottone con piombo.

ESEMPI DI REALIZZAZIONE

25 L'ottone secondo la presente invenzione è stato testato

con diverse concentrazioni di grafite.

In particolare, sono state realizzate quattro leghe di rame CuZn40 con dispersione fine di grafite a diversi contenuti percentuali (lega C1=0.8%C, lega C2=1%C, lega C3=1.2%C, lega C4=2%C), a confronto con una composizione standard di CuZn40 con il 2% di piombo (lega P=2%Pb).

La grafite utilizzata nella lega ha densità media AD 0.25 g/cm³ e una superficie specifica misurata in BET di 19.4 m²/g.

La grafite utilizzata ha una dimensione delle particelle così distribuita: per 10% minore di 16µm, per il 25% compresa tra 10-16µm; per il 31% compresa tra 6-10µm, per il 22% compresa tra 4-6µm, e per il 12% minore di 4µm.

Le leghe di rame (con e senza piombo) sono state ottenute per sinterizzazione da polveri a granulometria controllata (circa 10 micron) e sono state sottoposte ad analisi chimica tramite: LECO (Combustion Infrared Detection Technique) per la determinazione del Carbonio (C), XRF (X-ray fluorescence) per la determinazione del Rame e del Piombo, OES (Optical Emission Spectrograph) per gli altri elementi.

L'analisi completa delle leghe di ottone (con e senza piombo) è riportata nella Tabella T1, in cui i valori

sono indicati in %:

[TABELLA T1]: Analisi completa delle leghe

	Cu	Pb	Sn	Fe	Ni	Al	Mn	Si	P	Cr	B	C grafite	Zn
C1	60,21	<0,0050	0,0168	0,0064	0,0065	0,0002	0,0054	0,0022	0,0019	0,0016	0,0021	0,832	38,91
C2	60,19	<0,0050	0,0154	0,0060	0,0054	<0,0001	0,0065	0,0022	0,0020	0,0017	0,0020	1,011	38,75
C3	60,18	0,0200	0,0157	0,0061	0,0053	<0,0001	0,0071	0,0032	0,0021	0,0017	0,0020	1,232	38,52
C4	60,21	0,0100	0,0125	0,0061	0,0042	<0,0001	0,0072	0,0025	0,0021	0,0018	0,0016	1,786	37,95
P	59,63	2,11	0,0074	0,0085	0,0012	<0,0001	0,0001	0,0002	0,0015	<0,001	0,0046	0	38,23

Sono state successivamente determinate le caratteristiche microstrutturali, meccaniche e di lavorabilità delle leghe di rame C1, C2, C3, C4 a confronto con la lega di rame standard P, determinandone i valori di Durezza, Carico di rottura, Snervamento, Allungamento e Resilienza. L'esito di tali prove è riportato di seguito.

10 Caratterizzazione microstrutturale delle barre

La Figura 1 mostrata la microstruttura delle diverse leghe testate, osservata al microscopio ottico. In particolare, l'immagine denominata "2%Pb" è relativa alla lega di rame CuZn40 con il 2% di piombo. Le rimanenti immagini si riferiscono alle leghe con diverse percentuali di grafite.

Nelle immagini relative alle leghe con grafite (lega C1=0.8%C, lega C2=1%C, lega C3=1.2%C, lega C4=2%C), la

fase nera rappresenta la grafite e si nota come la dimensione media dei grani diminuisce all'aumentare della percentuale di grafite inserita nella lega. Nel campione "2%Pb" la fase scura è invece il piombo.

5 La distribuzione della grafite risulta essere abbastanza omogenea in tutta la sezione, con morfologia non sferica ma schiacciata ed allungata.

L'inserimento nella lega di particelle di grafite con una dimensione compresa tra 2 e 40 micron, ed in
10 particolare con una dimensione media di circa 10 μ m, contribuisce a migliorare l'omogeneità di distribuzione della grafite.

In Figura 2 sono riportate le microstrutture, osservate al microscopio elettronico a scansione, della lega con
15 piombo e della lega con grafite all'1% (lega C2=1%C), a due diversi ingrandimenti (a e b = x500; b e c = x1.000). Si osserva che anche in questo caso la grafite risulta essere nera (Figura 2(b)) mentre il piombo è bianco (Figura 2(a)).

20 Come evidente dalla figura 2 (in particolare dalla figura 2(b) e 2(d)), la struttura è composta di 3 fasi: quella nera è la grafite, quella grossolana è la fase α e l'altra è la fase β .

Durezza

25 Sui campioni metallografici provenienti dalle barre

sinterizzate sono state misurate le durezze.

La durezza in Brinell (HBW) è stata determinata mediante lo strumento Reicherter UH 250 secondo la UNI EN ISO 6506-1 con i seguenti parametri:

- 5 · Diametro penetratore: 2,5 mm
- Forza: 613,125 N
- Tempo di indentazione 10 secondi

Le misure sono state eseguite sulla sezione della barra opportunamente lucidata e in quattro punti, partendo
10 dal Centro della barra verso l'esterno, a 1/3 del raggio, 2/3 del raggio e al bordo esterno R della barra.

Nella Tabella T2 sono riportati i valori ottenuti.

[TABELLA T2]: Durezza misurata in Brinell

Lega	%C	Centro	1/3 R	2/3 R	R	HBE media
c1	0,8	90,6	90,4	90,9	88,4	90,1
c2	1,0	92,8	93,7	93,2	91,7	92,8
c3	1,2	89,8	91,1	90,0	89,9	90,2
c4	2,0	84,0	83,3	83,9	84,4	83,9
P	0,0	80,9	78,8	75,5	76,6	77,9

15 I risultati mostrano che per contenuti di grafite compresi tra 0.8% ed 1.2% (C1, C2, C3) la durezza rimane sostanzialmente invariata, mentre inizia a diminuire quando il contenuto di grafite raggiunge il

2% (C4).

In ogni caso, si rileva che tutti i valori di durezza sono leggermente superiori se confrontati con lo standard al Pb sinterizzato (privo di grafite, C0%).

5 Prove di trazione a temperatura ambiente

Le prove di trazione sono state eseguite su provini ricavati dalle barre sinterizzate.

Le prove di trazione sono state effettuate con lo strumento Instrom 4482 secondo le norme UNI EN ISO 6892

10 - 1. È stato utilizzato un estensimetro Instrom ed il tratto utile dei provini è stato di circa 50 mm [f(Ø)].

Nella Tabella T3 sono riportati i valori numerici medi, effettuati su 3 misure (*: per C3 il dato è la media di sole due misure), delle caratteristiche meccaniche di

15 resistenza a trazione (Rm), limite di snervamento (Rp) e allungamento a rottura (A).

[TABELLA T3]: Caratteristiche meccaniche prova di trazione

Lega	%C	Rm N/mm²	Rp N/mm²	A%
c1	0,8	377,0	146,0	30,0
c2	1,0	377,0	154,0	27,0
c3*	1,2	365,0	150,0	23,0
c4	2,0	315,0	151,0	13,0
P	0,0	347,0	146,0	34,0

Dalla tabella T3 si può notare che la resistenza a trazione delle barre di ottone con grafite è

leggermente superiore rispetto all'ottone standard con
piombo. Per quanto riguarda invece il campione di
ottone con grafite al 2%, la resistenza a trazione
risulta inferiore rispetto all'ottone standard con
5 piombo.

Per quanto riguarda l'allungamento a rottura, si nota
che questo diminuisce all'aumentare della percentuale
di grafite contenuta nella lega di rame.

Resilienza

10 La prova di resilienza è stata compiuta in doppio con
il Pendolo di Charpy secondo la UNI EN ISO 148/149,
utilizzando un provino con un intaglio a V.

La grandezza K, riportata nella Tabella T4 per le
diverse leghe di ottone, misurata in joule (J), indica
15 il valore di energia meccanica impattante che provoca
la rottura del materiale, calcolata sperimentalmente
mediante la differenza fra l'energia associata al
pendolo prima di essere lanciato in corsa e l'energia
associata ad esso in corrispondenza del percorso
20 massimo effettuato (energia cinetica del maglio pari a
zero) immediatamente dopo la rottura del provino.

[TABELLA T4]: Parametro K in funzione delle diverse % grafite

Lega	%C	K (Joule)
c1	0,8	19
c2	1,0	18

C3	1,2	16
C4	2,0	11
P	0,0	23

Dalla Tabella T4 si nota che la resilienza del materiale diminuisce all'aumentare del tenore di grafite contenuto nella lega di rame.

Prove di lavorazione meccanica

- 5 I campioni di ottone con grafite sono state inoltre caratterizzate per studiare l'effetto della grafite sulla lavorabilità della lega, a confronto con una barra estrusa di ottone standard contenente piombo al 2%.
- 10 Le leghe con grafite sono state valutate sulla base degli Euro Standard nel campo della lavorabilità all'utensile, monitorando una serie di parametri, quali assorbimento mandrino, assorbimento asse di avanzamento, dimensione e forma del truciolo formato e
- 15 rugosità campioni (misurata nel tratto utile).

I parametri di prova utilizzati sono:

- Velocità mandrino: 2500 giri/min;
- Avanzamento sgrossatura: 0,25 mm/giro (necessaria per avere lo stesso Ø di partenza);
- 20 - Avanzamento finitura: 0,15 mm/giro (Afferraggi) - 0,08 mm/giro (Tratto utile).

Per quanto riguarda la lega di rame con 1%C è stato

utilizzato l'avanzamento di 0,06 mm/giro per diminuire la rugosità piuttosto elevata riscontrata nel tratto utile.

Nella Tabella T5 è riportato l'assorbimento del mandrino mentre nella Tabella T6 l'assorbimento motore asse di avanzamento.

[TABELLA T5]: Assorbimento del mandrino

Lega	%C	Ass %
c1	0,8	7
c2	1,0	6
c3	1,2	6
P	0,0	6

[TABELLA T6]: assorbimento motore asse di avanzamento

Lega	%C	Ass %
c1	0,8	10
c2	1,0	10
c3	1,2	11
P	0,0	9

I risultati di lavorabilità delle barre estruse mostrano che l'ottone con 1% e con 1.2% di grafite sono equivalenti all'ottone standard con il piombo in termini di lavorabilità e di forma del truciolo. In particolare, i trucioli prodotti dal campione di ottone con 1.2% di grafite sono addirittura migliori di quelli

prodotti dal campione di ottone standard con piombo grazie alla loro forma non elicoidale.

Test di fusione

Questo test è stato eseguito al fine di riprodurre le
5 condizioni del processo di riciclo dell'ottone, al fine di verificare il comportamento della lega, essenzialmente priva di piombo e contenente grafite, in questa particolare fase del processo produttivo.

Per questo sono stati pesati 1.472 g di spezzoni di
10 barra di ottone con 1% di grafite (campione C2) ricoperti di rame (CAN di sinterizzazione) e portati a fusione in forno ad induzione con 100 g di scorificante.

Dopo 7 minuti dall'inizio della fase di riscaldamento
15 il materiale fuso è stato versato in una opportuna lingottiera, raffreddata all'aria per 2 minuti e dunque svuotata del provino raffreddato a temperatura ambiente in acqua.

Il provino così ottenuto (C2 + CAN + fusione),
20 opportunamente asciugato, presenta un peso di 1.455 g. La perdita in peso del campione di base C2 a seguito della fusione è stata dunque pari a 17 g.

Considerando nel campione iniziale C2 la presenza di
14.9 g di grafite, sembrerebbe che nel processo di
25 fusione sia stato perso tutto il carbonio e 2,1 g di

metallo pari allo 0,14% sulla quantità iniziale. La perdita relativa al metallo è da attribuire essenzialmente ai trasferimenti del materiale fuso dal crogiuolo alla lingottiera.

- 5 L'analisi chimica del provino ottenuto dopo il test di fusione (C2 + CAN + fusione), a confronto con il provino di partenza (C2), è riportata in Tabella T7.

[TABELLA T7]: Analisi chimica del provino

	Cu	Pb	Sn	Fe	Ni	Al	Mn	Si	P	Cr	B	C (grafite)	Zn
C2 +												82+/-	
CAN +	68,62	0,0073	0,0146	0,0383	0,0086	0,0002	0,0005	0,0002	0,0014	0,0004	0,0002	12	31,30
fusione												ppm	
C2	60,19	<0,005	0,0154	0,0060	0,0054	<0,0001	0,0065	0,0022	0,0020	0,0017	0,0020	1	38,75

- Il carbonio nell'ottone rifuso quasi assente, pari
 10 solamente a 82+/-12 ppm, mentre l'arricchimento in rame è certamente da attribuire al CAN esterno di rame, alla perdita di zinco e di grafite. Pertanto, la lega di rame essenzialmente priva di piombo e con grafite secondo la presente invenzione risulta completamente
 15 riciclabile nel processo di fabbricazione.

Analisi dei risultati ottenuti

Dagli esiti delle prove sopra esposte risulta che la sostituzione del piombo con il carbonio (grafite) consente all'ottone di mantenere tutte le sue

peculiarità positive per le applicazioni di riferimento (alta lavorabilità alle macchine utensili e stampaggio a caldo).

Un altro elemento positivo a favore della lega con grafite secondo la presente invenzione è la sua assoluta miscibilità (come tornitura, spezzoni o in altra forma) a qualsiasi altro ottone. In fase di fusione, infatti, la grafite scorifica lasciando come "residuo" la lega binaria rame e zinco.

10 Inoltre le prove hanno evidenziato, che il nuovo materiale contenente carbonio in concentrazione compresa tra lo 0,8% e l'1% (C1 e C2) presenta proprietà di deformabilità a caldo e di lavorabilità per asportazione di truciolo assolutamente simili
15 all'ottone standard contenente piombo.

Inoltre, la lega di rame essenzialmente priva di piombo e contenente grafite in concentrazione compresa tra lo 0,8% e l'1,% presenta valori di durezza elevati, migliore resistenza a trazione e migliore resilienza
20 rispetto alla medesima lega con concentrazioni superiori di grafite.

Innovativamente, una lega di rame contenente grafite secondo la presente invenzione, ha proprietà confrontabili con la lega al piombo.

25 Vantaggiosamente, una lega di rame contenente grafite

secondo la presente invenzione, è facilmente riciclabile nel processo di fabbricazione.

Vantaggiosamente, una lega di rame secondo la presente invenzione contiene grafite che può essere rimossa
5 dalla lega per semplice fusione rendendo dunque i residui di lavorazione dell'ottone (riciclo degli scrap di lavorazione) miscibili con qualsiasi altro materiale senza per questo ridurne il proprio valore economico.

E' chiaro che un tecnico del settore potrebbe apportare
10 modifiche alla lega sopra descritta, tutte contenute nell'ambito di tutela come definito dalle rivendicazioni seguenti.

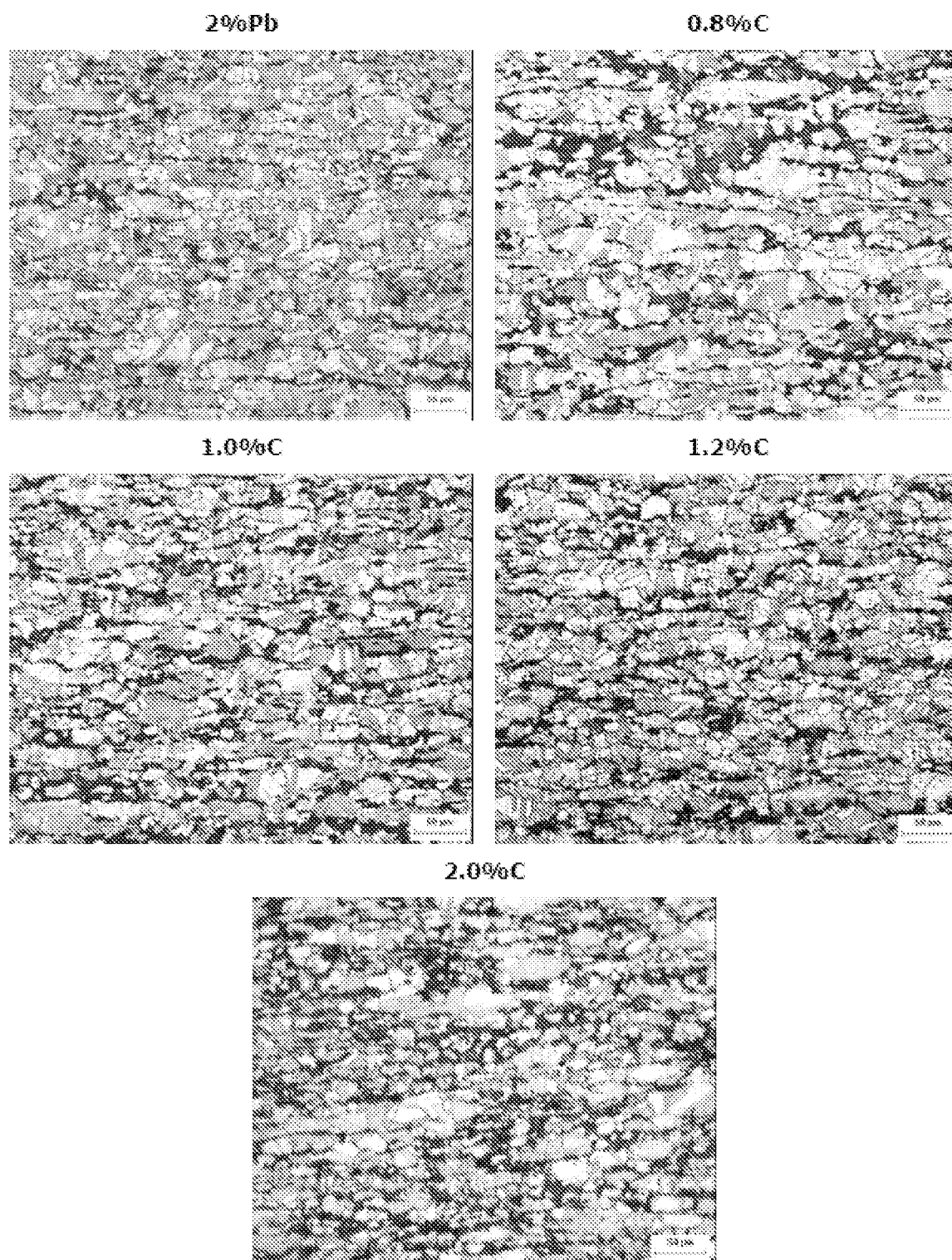
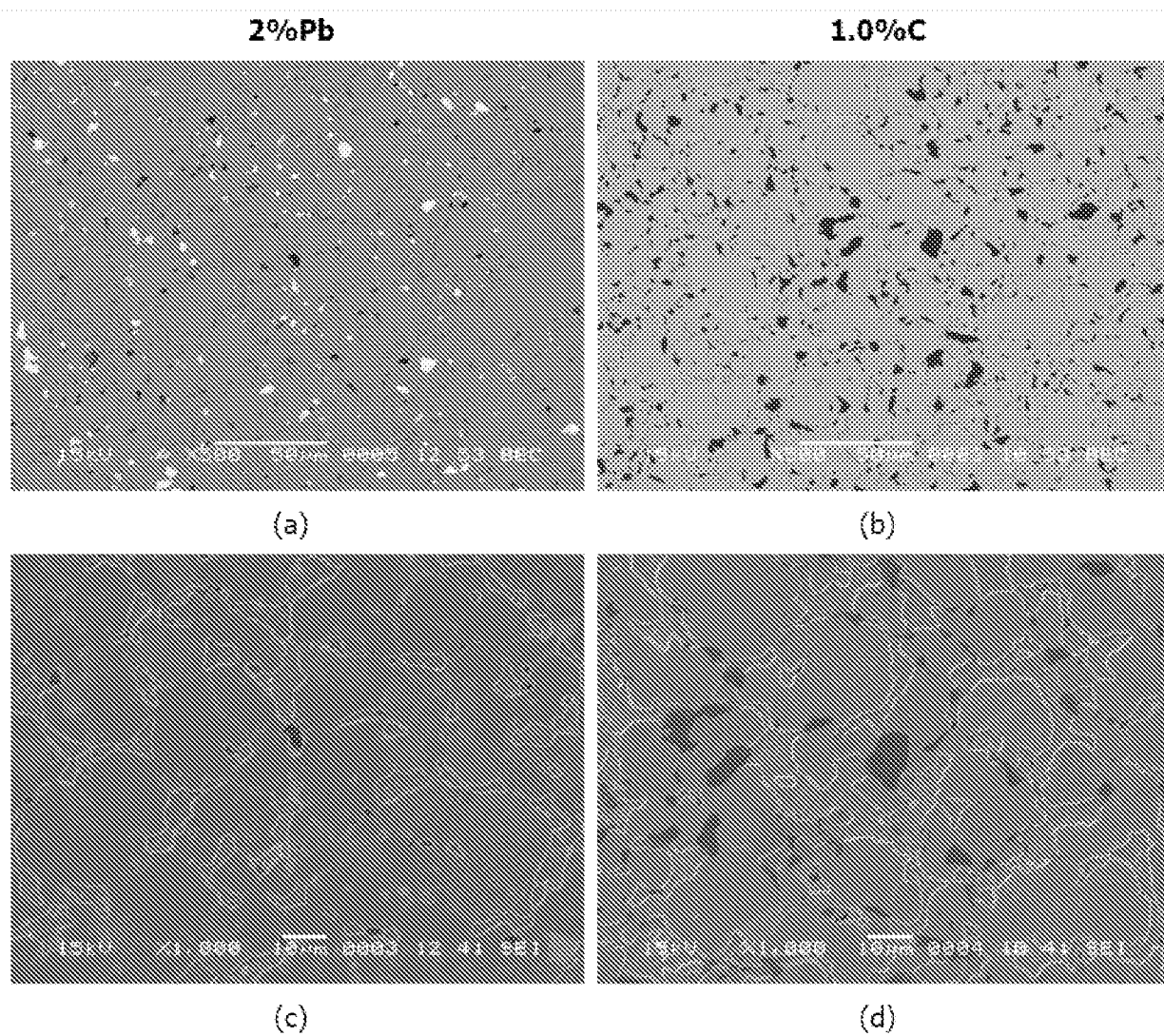


FIG. 1

**Fig. 2**