

# Metodo di Produzione di una Miscela di Rame Puro e Nanotubi di Carbonio e di Manifattura Additiva di un Materiale Nanocomposito a Matrice Metallica di Rame Puro Rinforzato con Nanotubi di Carbonio per mezzo di detta Miscela

## KEYWORDS

- MANIFATTURA ADDITIVA
- RAME
- NANOTUBI DI CARBONIO
- FUSIONE LASER SELETTIVA
- COMPOSITO MATRICE METALLICA

## AREA

- NANOTECNOLOGIE E MATERIALI

## CONTATTI

- TELEFONI  
+39.06.49910888  
+39.06.49910855
- EMAIL  
u\_brevetti@uniroma1.it

### Priorità

n. 102022000010511 del 20.05.22

### Tipologia Deposito

Brevetto per invenzione

### Co-Titolarietà

Sapienza Università di Roma 50%,  
INFN 50%

### Inventori

Rago Ilaria Carmela, Cavoto Gianluca, Pettinacci Valerio, Cortis Daniele, Pandolfi Francesco

### Settore industriale & commerciale di riferimento

Aerospaziale, Aeronautico, Telecomunicazioni, Automobilistico, Navale, Trasporti Ferroviari, Motori Elettrici

### Stato di sviluppo

La tecnologia è stata convalidata in laboratorio (TRL: 4). Si prevede immissione sul mercato di riferimento entro un anno

### Disponibile

Cessione, Licenza, Ricerca, Sviluppo, Sperimentazione, Collaborazione e Avviamento Impresa.



Fig. 1 Stampante utilizzata per la realizzazione dei nanocompositi Cu/CNTs.

Fig. 2 Immagini ottiche dei provini di trazione Cu/CNTs realizzati in accordo alla normativa ASTM E8 per provini rettangolari.

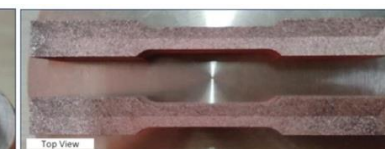
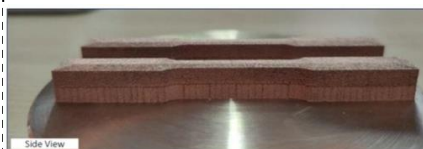
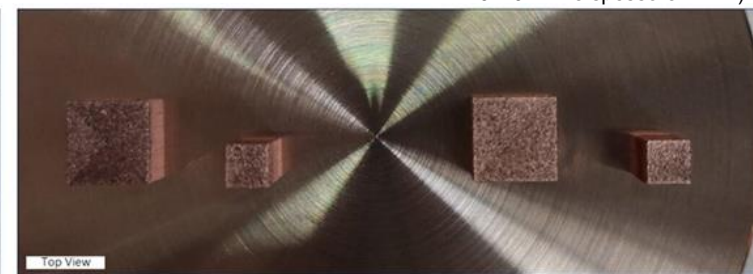
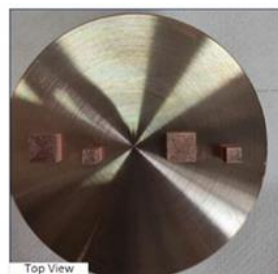


Fig. 3 Immagini ottiche dei provini cubici Cu/CNTs ottenuti mediante tecnologia AM metallica disposti sulla piattaforma di crescita (cubi di 5 mm di lato e piastrelle di lato 10x10 mm e spessore 2 mm).



# Metodo di Produzione di una Miscela di Rame Puro e Nanotubi di Carbonio e di Manifattura Additiva di un Materiale Nanocomposito a Matrice Metallica di Rame Puro Rinforzato con Nanotubi di Carbonio per mezzo di detta Miscela

## Descrizione Tecnica

È stato sviluppato tramite manifattura additiva un nuovo materiale composito in rame puro rinforzato con nanomateriali. L'innovativa combinazione di rame e nanomateriali ha permesso la prototipazione rapida di componenti dalle notevoli proprietà meccaniche, termiche ed elettriche. La tecnologia proposta permette di superare i limiti associati ai metodi tradizionali di produzione dei materiali compositi a matrice metallica e di sviluppare nanocompositi multifunzionali avanzati caratterizzati da geometria già finita con possibilità di utilizzo immediato della parte prodotta, senza necessità di ulteriori post-trattamenti e lavorazioni. Regolando opportunamente i parametri di processo e la concentrazione dei nanomateriali all'interno della matrice di rame, si possono controllare finemente le proprietà funzionali di tali materiali compositi.

## Tecnologia & Vantaggi

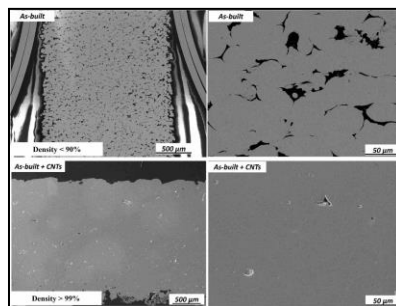
I nanocompositi a matrice metallica in rame puro, rinforzati con nanotubi di carbonio (CNTs) ed ottenuti mediante manifattura additiva (AM) metallica combinano i vantaggi della tecnologia AM (i.e., riduzione del materiale di scarto, realizzazione di geometrie altrimenti irrealizzabili, produzione di parti pronte all'utilizzo in versione as-built) con le inusuali proprietà funzionali date dall'unione di due materiali altamente performanti come il rame ed i CNTs. L'aggiunta anche solo di una piccola frazione di CNTs (0.1-0.25 wt%) alla polvere di rame puro permette di superare i limiti tipici dell'AM metallico (i.e., difetti microstrutturali, scarsa densificazione delle parti) realizzando, con la versatilità tipica della produzione additiva, componenti caratterizzati da elevate prestazioni termiche, elettriche e meccaniche. Pertanto, l'approccio tecnologico proposto rappresenta una valida alternativa ai metodi tradizionali di produzione dei materiali compositi a matrice metallica in grado di superare molte delle limitazioni caratterizzanti tali processi di sintesi, aprendo così la strada allo sviluppo di compositi innovativi dalle avanzate funzionalità.

## Applicazioni

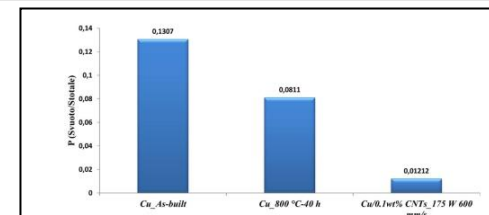
La stampa 3D dei compositi Cu/CNTs potrebbe essere impiegata in ambito aerospaziale per la gestione termica di satelliti attraverso componenti come scambiatori di calore di nuova generazione e destinati a spazi di installazione con geometria complessa per cui solo l'AM ne consentirebbe la realizzazione.

Nel contesto delle telecomunicazioni, una possibile applicazione è rappresentata dalle antenne a microonde attualmente realizzate con processi convenzionali, costosi e difficili da replicare.

I compositi Cu/CNTs sono ottimi candidati per lo sviluppo di scambiatori di calore compatti necessari al funzionamento/mantenimento dell'efficienza dei principali sistemi di propulsione ibridi ed elettrici in ambito navale ed automobilistico, combinando ottima conducibilità termica, elevate proprietà meccaniche ed una geometria compatta/complessa.



**Fig. 4** Micrografie SEM delle sezioni trasversali dei campioni cubici in rame (in alto, As-built) e in rame rinforzati con CNTs (As-built+CNTs, in basso).



**Fig. 4** Porosità dei provini di stampa in rame puro prima (Cu\_As-built), dopo il trattamento termico a 800 ° C per 40 ore (Cu\_800 ° C-40 h) e dopo l'aggiunta dello 0.1 wt% di CNTs (Cu/0.1wt% CNTs\_175 W 600 mm/s) realizzati mediante AM metallico.

## CONTATTI

➤ TELEFONI  
+39.06.49910888  
+39.06.49910855

➤ EMAIL  
u\_brevetti@uniroma1.it



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

ASuRTT \_ UFFICIO VALORIZZAZIONE E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO  
SETTORE BREVETTI E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

➤ <http://uniroma1.it/ricerca/brevetti>

# Method of Production of a Mixture of Pure Copper and Carbon Nanotubes and Additive Manufacturing of a Metal Matrix Nanocomposite Material based on Pure Copper and Reinforced with Carbon Nanotubes by means of this Mixture

## KEYWORDS

- ❑ ADDITIVE MANUFACTURING
  - ❑ COPPER
  - ❑ CARBON NANOTUBES
  - ❑ SELECTIVE LASER MELTING
  - ❑ METAL MATRIX COMPOSITE
- 
- ## AREA
- ❑ NANOTECHNOLOGIES & MATERIALS

## CONTACTS

➤ PHONE NUMBERS  
+39.06.49910888  
+39.06.49910855

➤ EMAIL  
u\_brevetti@uniroma1.it

### Priority Number

n. 102022000010511\_20.05.22

### Patent Type

Patent for invention

### Co-Ownership

Sapienza University of Rome 50%,  
INFN 50%

### Inventors

Rago Ilaria Carmela, Cavoto  
Gianluca, Pettinacci Valerio, Cortis  
Daniele, Pandolfi Francesco

### Industrial & Commercial Reference

Aerospace, Aeronautics,  
Telecommunications, Automotive,  
Naval, Rail Transport, Electric  
Motors

### Time to Market

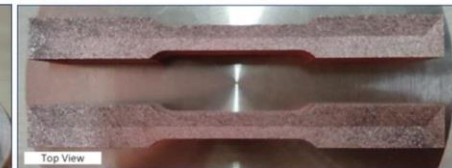
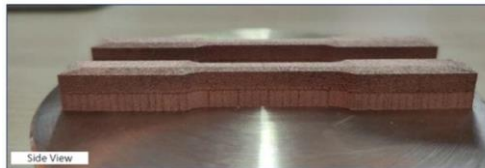
The technology was validated in  
the laboratory (TRL: 4). It is  
expected to be released on the  
target market within one year

### Availability

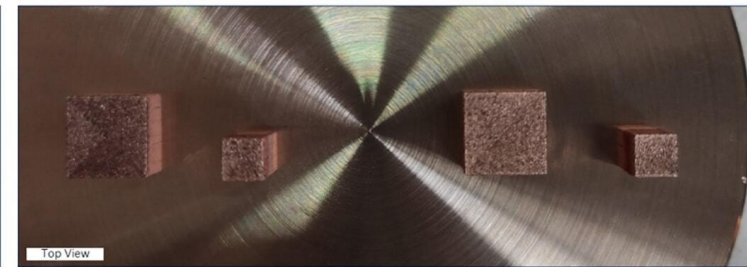
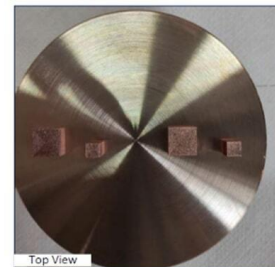
Cession, Licensing, Research,  
Development, Experimentation,  
Collaboration, Start-up and Spin-  
off.



**Fig. 1** MYSINT100, 3D selective laser melting printer for metal powder employed for the fabrication of Cu/CNTs nanocomposites.



**Fig. 2** Optical images of Cu/CNTs tensile specimens realized according to the ASTM E8 standard.



**Fig. 3** Optical images of Cu/CNTs cubic samples (side of 5 mm) and platelets (size of 25 × 25 × 2 mm).

## Abstract

Development of a process for the production of an advanced composite material based on two steps:

- A. mixing of pure copper spheroidal powder with fine grain size and carbon nanotubes (CNTs);
- B. Additive manufacturing (AM) of pure copper metal matrix nanocomposites reinforced with CNTs.

The result of this process consists of a copper solid inside which the CNTs are finely dispersed, characterized by advanced performances and, unlike the parts realized using traditional subtractive methods, with an already finished geometry and the possibility of immediate use of the produced part.





# Method of Production of a Mixture of Pure Copper and Carbon Nanotubes and Additive Manufacturing of a Metal Matrix Nanocomposite Material based on Pure Copper and Reinforced with Carbon Nanotubes by means of this Mixture

## Technical Description

A new pure copper composite material reinforced with nanomaterials was developed by additive manufacturing. The innovative combination of copper and nanomaterials has allowed the rapid prototyping of components with remarkable mechanical, thermal and electrical properties. The proposed technology allows to overcome the limits associated with traditional production methods of metal matrix composite materials and to develop advanced multifunctional nanocomposites characterized by already finished geometry with the possibility of immediate use of the produced part, without the necessity of further post-treatments and processing. By properly adjusting the process parameters and the concentration of nanomaterials within the copper matrix, the functional properties of these composite materials can be finely tuned.

## Technologies & Advantages

Pure copper metal matrix nanocomposites, reinforced with carbon nanotubes (CNTs) and obtained by metal additive manufacturing (AM) combine the advantages of AM technology (i.e., maximal versatility and minimal waste materials, realization of otherwise impossible geometries, parts production ready to use in the as-built version) with the unusual functional properties given by the union of two highly performing materials such as copper and CNTs. The addition of even a small fraction of CNTs (0.1-0.25 wt%) to the pure copper powder allows to overcome the typical limits of metallic AM (i.e., microstructural defects, poor densification of the parts) realizing, with the typical versatility of additive manufacturing, components characterized by remarkable thermal, electrical and mechanical performances. Therefore, the proposed technological approach represents a valid alternative to traditional production methods of metal matrix composite materials capable of overcoming many of the limitations characterizing these synthesis processes, thus paving the way to the development of innovative composites with advanced functionality.

## Applications

3D printing of Cu/CNTs composites could be used in the aerospace field for the thermal management of satellites through components such as new generation heat exchangers, intended for installation spaces characterized by complex geometry for which only AM technology would allow their realization.

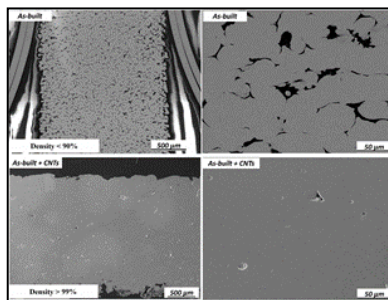
In the context of telecommunications, a possible application is represented by microwave antennas currently realized with conventional, expensive and difficult to replicate manufacturing processes.

Cu/CNTs composites are excellent candidates for the development of compact heat exchangers necessary for the operation/maintenance of the efficiency of the main hybrid and electric propulsion systems in the naval and automotive sectors, combining excellent thermal conductivity, high mechanical properties and a compact geometry / complex.

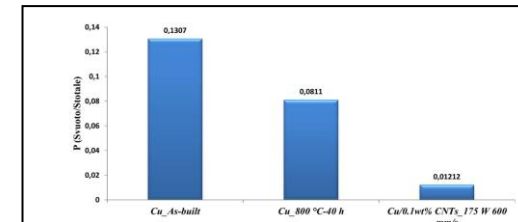
## CONTACTS

➤ PHONE NUMBERS  
+39.06.49910888  
+39.06.49910855

➤ EMAIL  
u\_brevetti@uniroma1.it



**Fig. 4** SEM micrographs of cubic samples cross sections in pure copper (top, As-built) and in copper reinforced with CNTs (bottom, As-built+CNTs).



**Fig. 4** Porosity of pure copper 3D printed specimens before (Cu\_As-built), after thermal treatment performed at 800 °C for 40 hours (Cu\_800 °C-40 h) and after the addition of 0.1 wt% of CNTs (Cu / 0.1wt % CNTs\_175 W 600 mm / s) fabricated by exploiting metallic AM.

