



**Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Il sottoscritto Genna Silvio, qualifica Ricercatore RTDb, afferente al Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini" Interno 7168 email [silvio.genna@uniroma2.it](mailto:silvio.genna@uniroma2.it)

**CHIEDE**

L'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: Dottorato di Ricerca in Ingegneria per la Progettazione e Produzione Industriale

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

Innovazione

Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: CTP S.r.l.

Persona di Riferimento: Ing. Roberto Preda

Telefono: 335 5965736

Email: [roberto.preda@ctpsrl.it](mailto:roberto.preda@ctpsrl.it)

Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca (massimo 10.000 battute complessive spazi inclusi) che comprenda

Descrizione del Progetto:

L'idea del progetto è quella di produrre conduttori innovativi da adottare nei trasformatori di potenza, in grado di ridurre le perdite tipiche, caratterizzati da bassa resistenza elettrica ed elevata conduzione termica. A tal fine il progetto è focalizzato sulla produzione di vergelle con rivestimento in rame-grafene ad alte performance: l'adozione del grafene consente di ridurre la resistenza elettrica dei conduttori .

In campo industriale sono disponibili diverse forme di grafene: GO (ossido di grafene ridotto), la cui produzione è attualmente molto costosa; nanotubi e GNP (Graphene-Nano-Platelets), composti da pochi piani atomici di grafene. Nel progetto sarà adottato quest'ultimo perché disponibile sul mercato a basso costo; inoltre, la sua particolare conformazione genera una forte anisotropia: le proprietà elettriche e termiche lungo la direzione del piano atomico possono essere migliaia di volte superiori a quelle nella direzione trasversale. Tuttavia, il principale svantaggio del loro utilizzo è dovuto alle dimensioni, che ne rendono difficile la lavorazione, in quanto le nanoparticelle tendono a formare cluster: l'aggiunta e la distribuzione uniforme della nanopolvere di grafene è un problema molto critico, in particolare quando



si vogliono tenere bassi i costi di produzione. Inoltre, il trattamento delle nanoparticelle comporta problemi di sicurezza, a causa dell'interazione delle nanoparticelle con l'ambiente: è noto che le nanoparticelle possono raggiungere cellule e tessuti a cui le particelle più grandi non possono accedere. La loro piccola dimensione non solo li rende più mobili ma anche chimicamente più reattivi a causa dell'aumento dell'area superficiale delle particelle. Il superamento di entrambi i problemi sopra menzionati (clusterizzazione del grafene e problemi di sicurezza) rappresenta una doppia sfida; in questo contesto la tecnologia di elettrodeposizione è una possibile soluzione: la nanopolvere è sempre trattenuta nella soluzione galvanica (si evita, quindi, la dispersione di particelle nell'ambiente). Quest'ultima è una soluzione a base di solfato di rame e può essere facilmente riciclata. Nella elettrodeposizione, gli ioni rame ( $\text{Cu}^+$ ) presenti nel bagno fungono da vettori per le nanoparticelle di grafene e si dirigono verso il catodo (cioè la vergella da rivestire). La repulsione naturale tra gli ioni determina la declusterizzazione delle nanoparticelle e la loro uniforme deposizione sulle superfici da funzionalizzare insieme agli ioni rame. Si ottiene così la costruzione di un deposito costituito da una matrice di rame caricata con nanoparticelle di grafene uniformemente disperse.

Obiettivi formativi:

L'obiettivo di questo progetto è studiare e sviluppare un il coating funzionalizzato al grafene, in grado di ridurre le tipiche perdite per effetto Joule nei trasformatori di potenza e di diminuire la temperatura di esercizio degli stessi. Studi condotti dal gruppo di ricerca hanno dimostrato i vantaggi realizzabili con la elettrodeposizione del grafene ed hanno messo in evidenza alcune criticità scientifiche e tecniche ancora da studiare:

- il deposito di grafene deve essere caratterizzato dalla minimizzazione delle condizioni di clusterizzazione delle nanoparticelle e da una elevata adesione sulle vergelle;
- le tecnologie di deposizione del grafene devono essere in grado di minimizzare le condizioni di clusterizzazione delle nanoparticelle, controllare il posizionamento ottimale delle nano particelle;
- è necessario sviluppare e mettere a punto un sistema di deposizione elettrochimica di Rame e Grafene in continuo che consenta di depositare le vergelle, durante il processo di produzione

Attività previste:

Per raggiungere l'obiettivo del progetto bisogna affrontare con un lavoro sistematico le seguenti tematiche:

- studio dei meccanismi di trasporto del grafene nei processi di elettrodeposizione;
- studio dell'influenza dei parametri di elettrodeposizione sulla quantità di grafene depositato;
- caratterizzazione di vergelle elettrodepositate;
- studio della elettrodeposizione in continuo (processo in condizioni dinamiche);
- caratterizzazione delle vergelle innovative in continuo(depositate).

Durante la prima fase del dottorato si intende acquisire la conoscenza di base del processo di elettrodeposizione, si utilizzerà una metodologia basata su un approccio sistematico sperimentale e programmatico, che assicurerà il raggiungimento dell'obiettivo. La conoscenza acquisita sarà consolidata in protocolli per la selezione e l'adeguamento dei parametri di processo, in modo da permettere nella seconda fase del dottorato di procedere all'applicazione della tecnologia.

Di seguito si riporta il cronoprogramma di massima delle attività di ricerca che si svolgeranno nell'arco temporale di tre anni:

- Durante il primo anno, si dovranno acquisire le conoscenze di base sulla elettrodeposizione. Per



tale obiettivo, sarà effettuato uno studio con analisi della letteratura scientifica. Saranno quindi definiti i materiali da utilizzare nei bagni di elettrodeposizione per il progetto e saranno testate diverse condizioni di elettrodeposizione.

- Nel secondo anno verranno studiati i meccanismi di trasporto del grafene nel bagno. Questo studio consentirà di identificare finestra tecnologica di elettrodeposizione che massimizza il trasporto di grafene sulla vergella. Sarà inoltre studiata l'influenza dei parametri di processo (corrente, concentrazione del grafene nel bagno, tempi di trattamento) sulla resistenza elettrica della vergella depositata (condizioni statiche).
- Durante il terzo anno, sulla base delle competenze acquisite, si svilupperà il processo di elettrodeposizione in continuo (condizioni dinamiche), con la finalità di ottenere velocità di deposizioni industrialmente valide.

Attinenza del progetto all'area indicata:

La riduzione dell'inquinamento ambientale è una sfida sempre più sentita. In questo contesto, la mobilità elettrica gioca un ruolo fondamentale; tuttavia, porterà ad un aumento dei consumi elettrici e alla necessità di una rete di ricarica elettrica diffusa. Ciò significa che i trasformatori di potenza saranno ancora più indispensabili: vengono adottati per rendere efficiente la trasmissione dell'energia elettrica sulle lunghe distanze (aumentando la tensione fino a milioni di volt) per poi renderla utilizzabile riducendo la tensione per l'applicazione (riscaldamento, illuminazione, ricarica auto, ...).

In questo scenario, i trasformatori di potenza giocano una componente importante per rendere più sostenibile la trasmissione dell'energia elettrica. È noto, infatti, che la progettazione e la produzione del trasformatore eco-efficiente può minimizzare le perdite di energia elettrica e ridurre l'impatto ambientale della rete elettrica. Vale la pena notare che circa il cinque per cento dell'elettricità globale viene perso nei trasformatori a causa dell'effetto Joule.

Sviluppare una tecnologia che consente di produrre vergelle ad elevate performance (elettriche e termiche) consente di realizzare trasformatori "green", con minori perdite elettriche e quindi più efficienti.

Risultati attesi:

I conduttori innovativi saranno costituiti da vergelle in rame elettrodeposte rame-grafene e saranno adottati nei trasformatori di potenza; il rivestimento garantirà l'aumento della conducibilità termica dei conduttori (vergelle) e la riduzione delle perdite per effetto Joule (dovute alla resistenza elettrica del conduttore): riferito a vergelle non rivestite, si ritiene che si possa ottenere una riduzione di circa il 2% della resistenza elettrica, ed un aumento di circa il 15% della diffusività termica. Quest'ultimo consentirà una migliore omogeneizzazione della temperatura, evitando la presenza di picchi (hot-spot), consentendo temperature di esercizio inferiori. Queste ultime consentiranno l'utilizzo di isolanti meno inquinanti e meno costosi. Inoltre, avendo una temperatura di esercizio inferiore, si stima una ossidazione e degrado più lento del trasformatore stesso.

Azienda pubblica o privata coinvolta nazionale o straniera in cui si prevede di far svolgere il periodo obbligatorio da 6 a 12 mesi previsto dal Decreto Ministeriale:

Ctp Srl



**TOR VERGATA**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

**Direzione II – Ricerca, Terza Missione, Procedure Elettorali**  
Divisione I – Ricerca Nazionale  
Ripartizione III – Scuola di Dottorato

Area PIP

Variante Est SS.7 bis km 306900

83030 Manocalzati - Avellino - Italia

**Firma**