

Titolo:

Processi laser avanzati nella fabbricazione di batterie per uso automotive

Obiettivi Generali

- Integrazione di modelli PINNs e dati da sensori real-time per la saldatura laser.
 - Creazione di un Digital Twin per il controllo intelligente del processo di giunzione in componenti per batterie.
-

Durata del progetto: 16 mesi

Programma di Lavoro per Fasi

Fase 1: Definizione dei Materiali e dei Parametri di Processo

Durata: Mese 1-2

- Selezione dei materiali (es. rame, alluminio, acciaio).
 - Definizione delle modalità di giunzione (sovrapposizione, testa-testa).
 - Identificazione dei parametri laser ottimali (potenza, velocità, frequenza).
 - Output: Specifiche tecniche materiali/processi.
-

Fase 2: Progettazione dell'Architettura Sperimentale e Sensoristica

Durata: Mese 3-4

- Selezione e installazione di sensori (termocamera, microfoni, strain gauge, fotodiodi).
 - Definizione dei segnali da acquisire e dei requisiti per l'elaborazione dati.
 - Output: Setup completo per acquisizione dati reali.
-

Fase 3: Raccolta e Analisi Dati

Durata: Mese 5-6

- Saldature sperimentali su diverse configurazioni.
 - Raccolta dati da sensori durante i processi.
 - Preprocessing dei dati: pulizia, normalizzazione, sincronizzazione temporale.
 - Output: Dataset validato per il training del modello PINNs.
-

Fase 4: Sviluppo del Modello PINNs

Durata: Mese 7-9

- Costruzione del modello fisico-informato (PINNs).
- Integrazione di conoscenze fisiche (es. conduzione termica, tensioni meccaniche).

- Training del modello con dati reali e sintesi delle correlazioni.
 - Output: Modello PINNs funzionante e testato.
-

Fase 5: Sviluppo del Digital Twin

Durata: Mese 10-12

- Integrazione del modello PINNs in una piattaforma di simulazione (es. Python, MATLAB, Simulink).
 - Creazione del Digital Twin in grado di prevedere qualità del giunto e segnalare anomalie.
 - Output: Digital Twin operativo per test in laboratorio.
-

Fase 6: Validazione Multimateriale e Multiconfigurazione

Durata: Mese 13-15

- Test del sistema su materiali diversi e variazioni nei parametri di processo.
 - Analisi delle performance: accuratezza predittiva, robustezza, tempi di risposta.
 - Calibrazione finale del sistema.
 - Output: Report di validazione tecnica.
-

Fase 7: Documentazione Finale e Disseminazione dei Risultati

Durata: Mese 16

- Redazione di documentazione tecnica e scientifica.
 - Preparazione presentazioni, paper o eventuale brevetto.
 - Output: Consegna finale del progetto e diffusione dei risultati.
-

Risultati Finali Attesi

- **Modello PINNs sensorizzato** per modellare e prevedere le caratteristiche del giunto saldato.
- **Digital Twin funzionante** per monitoraggio real-time del processo.
- **Validazione sperimentale** su più materiali e configurazioni.
- **Metodologia replicabile** per applicazioni in ambito battery manufacturing e beyond.

Titolo

Processi laser avanzati nella fabbricazione di batterie per uso automotive

General Objectives

- Integrate Physics-Informed Neural Networks (PINNs) with sensor data for real-time modeling and monitoring of laser welding processes.
 - Develop a Digital Twin system for intelligent control and optimization of welded joints in battery components.
-

Project Duration: 16 months

Work Plan by Phase

Phase 1: Definition of Materials and Process Parameters

Duration: Months 1–2

- Selection of target materials (e.g., copper, aluminum, steel).
 - Definition of joining methods (e.g., overlap, butt joint).
 - Identification of optimal laser parameters (power, speed, frequency).
 - **Deliverable:** Technical specification document of materials and processes.
-

Phase 2: Design of Experimental Setup and Sensing Architecture

Duration: Months 3–4

- Selection and installation of appropriate sensors (thermal cameras, microphones, strain gauges, photodiodes).
 - Definition of acquisition signals and preprocessing requirements.
 - **Deliverable:** Fully equipped setup for real-time data acquisition.
-

Phase 3: Data Collection and Analysis

Duration: Months 5–6

- Experimental welding tests on various configurations.
 - Acquisition of synchronized sensor data during the process.
 - Data preprocessing: cleaning, normalization, time alignment.
 - **Deliverable:** Validated dataset ready for PINNs training.
-

Phase 4: Development of the PINNs Model

Duration: Months 7–9

- Construction of a PINNs architecture tailored to welding dynamics.
 - Integration of governing physical laws (e.g., heat conduction, mechanical stress).
 - Training and validation using real-world sensor data.
 - **Deliverable:** Trained and validated PINNs model.
-

Phase 5: Digital Twin Integration

Duration: Months 10–12

- Embedding the PINNs model into a simulation framework (e.g., Python, MATLAB, Simulink).
- Development of a Digital Twin capable of real-time quality prediction and anomaly detection.
- **Deliverable:** Operational Digital Twin ready for lab-level deployment.

Phase 6: Multi-Material and Multi-Configuration Validation

Duration: Months 13–15

- System testing across different materials and welding configurations.
 - Performance assessment: prediction accuracy, robustness, and response time.
 - Final model calibration and optimization.
 - **Deliverable:** Full validation report and system benchmarking.
-

Phase 7: Final Documentation and Results Dissemination

Duration: Month 16

- Technical and scientific documentation.
 - Preparation of presentations, technical papers, or patent drafts.
 - **Deliverable:** Final project report and dissemination package.
-

Expected Outcomes

- A **sensor-based PINNs methodology** for modeling and monitoring laser welds.
- An **operational Digital Twin model** for real-time monitoring of welded joints in battery manufacturing.
- **Validation on different materials and configurations**, ensuring generalization and robustness.
- A **replicable methodology** applicable to advanced manufacturing processes beyond batteries.