

TUTTO_MISURE

ANNO XXV
N. 03
2023

LA RIVISTA DELLE MISURE E DEL CONTROLLO QUALITÀ - PERIODICO FONDATA DA SERGIO SARTORI
ORGANO UFFICIALE DELL'ASSOCIAZIONE "GMEE" E DI "METROLOGIA & QUALITÀ"

Le Misure strumento per la ripresa

EDITORIALE

Incidenti, educazione e formazione

IL TEMA

Sensori quantistici

ALTRI TEMI

Misure di rettilineità

Metrologia e laboratori medicali

TESTING & DINTORNI

Le prove di corto circuito

TECNOLOGIE IN CAMPO

Valore aggiunto nei test
di validazione nuovi prodotti
Applicazioni innovative in ambito
di Test & Measurement

ALTRI ARGOMENTI

Metrologia e AI
Lo specialista di misurazione nel settore ICT
L'accesso alle norme tecniche
Commenti alle norme
La storia del GMEE

CON IL SOSTEGNO DI

 AVIATRONIK-Trescal

 Ascolta il PODCAST 

 VOCE ALLA QUALITÀ
ACCREDIA 

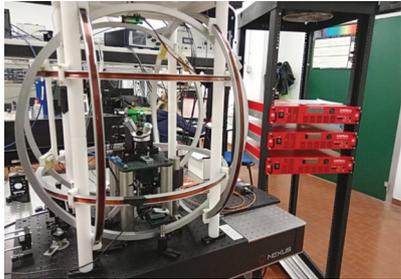


WWW.TUTTOMISURE.ORG

**Metrologia per le tecnologie
quantistiche 2.0**

Metrology for quantum technology 2.0

P. Traina et al.



17

Quantificare la qualità delle billette

Billets quality assessment

M. Tarabini et al.



27

**“Fare e Formare”: l’esperienza
della Summer School 2023 Accredia-INRiM**

“Doing and Training”: the experience of the 2023 Summer School

D. Orgiazzi,
R. Mugno



45

**Tecnologie in campo - Valore aggiunto
nei test di validazione nuovi prodotti:
il Centro R&S di Bridgestone Europe NV/SA**

*Bridgestone Europe NV/SA Research centre:
added value in news product vldation tests*

A cura di
M. Mortarino



65

Editoriale: Incidenti, educazione e formazione
(Alessandro Ferrero)

7

**Comunicazioni, Ricerca e Sviluppo,
dagli Enti e dalle Imprese**

Notizie nel campo delle misure e della strumentazione

11

Il tema: I progetti europei di ricerca metrologica

Metrologia per le tecnologie quantistiche 2.0

*(P. Traina, M. Gramegna, I.P. Degiovanni, S. Ditalia Tchernij,
J. Forneris, A. Boella)*

17

Gli altri temi: Qualità della produzione industriale

Quantificare la qualità delle billette

*(P. Fasoli, S. Marelli, Y.S. Ravi, P. Brambilla, C. Conese,
M. Colombo, M. Tarabini)*

27

Gli altri temi: La metrologia nei laboratori medici

Parole della metrologia per i laboratori medici

(Marco Pradella)

35

La pagina di ACCREDIA

Notizie dall’Ente di Accreditamento

(a cura di R. Mugno, S. Tramontin, F. Nizzero)

39

“Fare e Formare” l’esperienza della Summer School 2023

(a cura di Rosalba Mugno e Diego Orgiazzi)

45

La pagina di IMEKO

Aggiornamenti sulle attività IMEKO

(a cura di Daniele Fontanelli)

47

La Pagina dell’IMS

Notizie dall’IEEE Instrumentation and Measurement Society

(M. Parvis, S. Rapuano)

53

Testing & dintorni

Se non vince sempre chi la spara più grossa...?

(articolo di Flavio Floriani)

(a cura di Massimo Mortarino)

57

Misure e fidatezza

Sicurezza funzionale: Calcolo dell’affidabilità

di un sistema di sicurezza in Low Demand – Prima parte

(articolo di C. Bruno, L. Cristaldi, M. Tacchini)

(a cura di L. Cristaldi, M. Catelani, M. Lazzaroni e L. Ciani)

61

Tecnologie in campo

Casi applicativi e soluzioni di successo

in ambito di Test & Measurement

(a cura di Massimo Mortarino)

65

Metrologia generale

Una breve introduzione ai sistemi d’intelligenza artificiale
nella prospettiva della metrologia

(articolo di L. Mari, F. Bertolotti, D. Petri)

(a cura di Luca Mari)

81

I Seriali di T_M: Misura del software

Metrologia e Contratti – Parte 29 *(a cura di Luigi Buglione)*

85

Metrologia legale e forense

Le norme tecniche: club per pochi eletti?

(a cura di Veronica Scotti)

88

Spazio Associazioni Universitarie di Misuristi

Dalle Associazioni Universitarie di Misuristi

(a cura di A. Ferrero, E. Sardini e A. Cigada)

91

Metrologia... per tutti!

Applicazione della UNI EN ISO/IEC 17025

(a cura di Michele Lanna)

101

Manifestazioni, Eventi e Formazione

2023-2024: eventi in breve

108

Commenti alle norme: la 17025

17025 – Presentazione dei risultati – Sedicesima parte:

Contenuto del documento finale

(a cura di Nicola Dell’Arena)

109

Storia e curiosità

Storia del Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche (GMEE)

Undicesima parte: L’avvio della riforma universitaria 3+2

(Mario Savino)

111

Abbiamo letto per voi

121

News

30-38-42-43-49-55-60-68-72-76-78-82-84-
86-87-90-94-100-104-106-114-118

Quantificare la qualità delle billette

Misure di rettilineità e difetti superficiali

BILLETS QUALITY ASSESSMENT

The straightness of aluminum billets or other extruded semifinished products is usually measured with laser profilometers that travel along a linear axis parallel to the billet. Measurement systems in industrial contexts must provide for scanning lengths greater than 6 m, must be installable on existing carpentry structures, thus in absence of known anchor points, and must be insensitive to mechanical vibration. We describe a system in which the lack of straightness of displacement is solved by using a laser line-based compensation system.

RIASSUNTO

La rettilineità delle billette di alluminio o di altri semilavorati estrusi viene solitamente misurata con profilometri laser che traslano lungo un asse lineare parallelo alla billetta. I sistemi di misura in ambito industriale devono prevedere lunghezze di scansione superiori a 6 m, devono essere installabili su strutture di carpenteria esistenti, quindi in assenza di punti di ancoraggio noti, e devono essere insensibili alle vibrazioni meccaniche. Descriviamo un sistema in cui la mancanza di rettilineità dello spostamento del profilometro viene ovviata utilizzando un sistema di compensazione basato su una linea laser.

LO STATO DELL'ARTE NEL CONTROLLO SUPERFICIALE E DIMENSIONALE

Il controllo di qualità delle billette di alluminio coinvolge diverse caratteristiche del semilavorato; alcune di queste riguardano l'assenza di difetti superficiali o di eterogeneità del materiale, altre invece il controllo dimensionale e il rispetto delle relative tolleranze [1].

Il controllo dei difetti superficiali è basato su sistemi di visione coadiuvati da algoritmi sviluppati ad hoc o da sistemi d'intelligenza artificiale. Lo stato dell'arte è molto vario e spazia dall'applicazione di filtri convoluzionali (per evidenziare le aree contenenti anomalie e identificare i difetti tramite controlli basati su decision tree) ai metodi più avanzati, tra i quali prevalgono:

- gli algoritmi di *object detection*, in cui reti neurali vengono addestrate a identificare le aree contenente graffi e ammaccature con bounding boxes;
- gli algoritmi di *anomaly detection*, nel quale le immagini vengono elaborate da un encoder e ricostruite da un decoder, e l'errore di ricostruzione vie-

ne usato come metrica per la valutazione dell'anomalia;

- gli algoritmi di segmentazione semantica, che implementano architetture di reti convoluzionali, come ad esempio le U-Net, e restituiscono la mappa dell'immagine classificando ogni singolo pixel.

Per quanto concerne il controllo dimensionale, lo stato dell'arte dei sistemi di misura è ben rappresentato dalle macchine di misura di coordinate (CMM) e nelle applicazioni che richiedono alte velocità di scansione il tradizionale touching probe può essere sostituito da un profilometro laser. Le CMM sono comunemente utilizzate in condizioni ambientali controllate, al fine di minimizzare gli effetti dei disturbi meccanici e termici, e prevedono strategie di compensazione delle componenti sistematiche dell'errore, che vengono compensate utilizzando modelli numerici della macchina stessa.

Gli errori geometrici vengono compensati solitamente utilizzando la cinematica dei corpi rigidi e le matrici di trasformazione omogenea, sebbene l'ottenimento di misure accurate non pos-

sa prescindere da una progettazione meccanica efficace della macchina.

IL SISTEMA

Il sistema da noi proposto analizza la superficie della billetta mediante telecamere, al fine d'identificare i difetti superficiali grazie ad algoritmi sviluppati ad hoc. Gli errori geometrici vengono invece individuati da un profilometro a laser, che trasla lungo l'asse della billetta; il sistema si basa sugli algoritmi di compensazione delle non-idealità geometriche usate sulle CMM per ridurre gli errori sistematici dovuti alla traslazione non rettilinea del profilometro. Scopo della compensazione è quello di ottenere un'incertezza di misura dell'ordine dei mm per profilati di lunghezza superiore a 6 m, anche in condizioni di lavoro proibitive come quelle degli impianti di produzione dell'alluminio.

DIFETTI SUPERFICIALI

I difetti superficiali vengono analizzati osservando con tre telecamere una sezione della billetta. La velocità della billetta all'uscita dell'estrusore è dell'ordine dei metri al minuto e, nell'implementazione proposta, le telecamere sono di tipo *area scan*. Tempi di esposizione dell'ordine del centesimo di secondo non creano effetto mosso apprezzabile alla distanza di scansione e in linea di principio, visto che la billetta è in movimento, è possibile utilizzare camere di tipo *line scan*.

L'immagine è sottoposta a una fase di

¹ Politecnico di Milano, Dip. Meccanica

² One-Off Solution, Carate Brianza

marco.tarabini@polimi.it



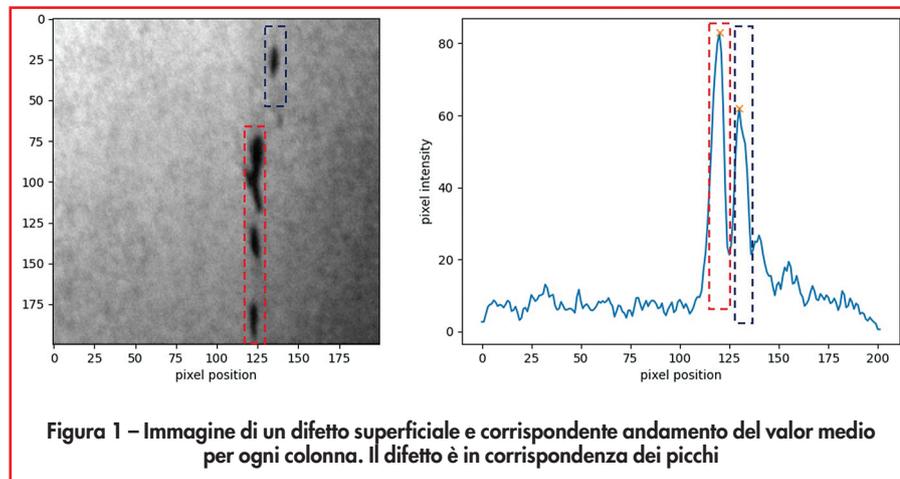
pre-elaborazione, che consiste nell'applicazione di un filtro bilaterale all'immagine per rimuovere il rumore ad alta frequenza e in un'equalizzazione dell'istogramma per ottimizzare il contrasto dell'immagine [2]. I difetti di produzione vengono attualmente identificati applicando un filtro di Sobel e analizzando l'intensità media dei pixel nelle singole colonne (direzione dell'asse della billetta). I difetti, nella maggioranza dei casi, sono orientati nella direzione di estrusione, mentre le irregolarità periodiche sulla superficie (accettabili in quanto legate al processo di produzione) sono disposte lungo la direzione perpendicolare a quella del moto. La Fig. 1 rappresenta un'immagine di un difetto superficiale della billetta e il segnale di luminosità mediato sulle colonne.

Sono in fase di studio implementazioni più complesse, basate su *object detection* e *image segmentation*, che sono

state applicate con lo stesso hardware di misura per l'identificazione di difetti su laminati piani. Un esempio su bandelle in acciaio è illustrato in Fig. 2. Le limitazioni dei due metodi consistono nella mancanza di un dataset di dimensioni consistenti e la loro implementazione è quindi rimandata a quando la macchina sarà effettivamente in utilizzo.

RETTILINEITÀ

La rettilineità viene valutata partendo dalla posizione dei centri delle sezioni



della billetta secondo lo schema illustrato in Fig. 3. La linea dei centri dev'essere compresa in un cilindro di raggio pari alla tolleranza richiesta (solitamente inferiore a 5 mm, in funzione della dimensione della billetta).

Il sistema di misura prevede la movimentazione di un profilo-

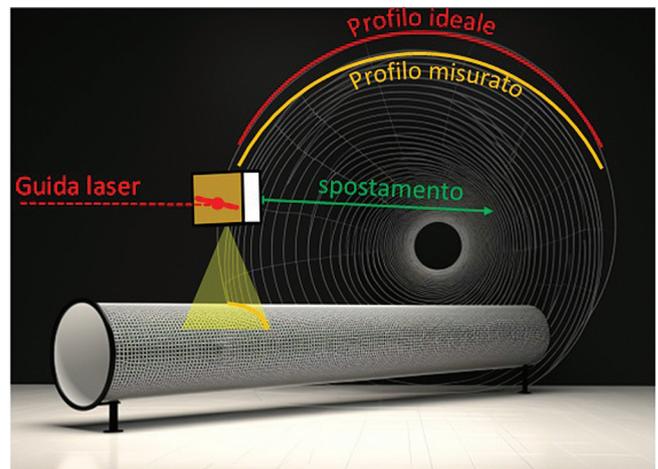


Figura 3 – Schema del sistema di misura proposto. Il profilometro laser trasla sopra alla billetta, e le sue rototraslazioni vengono compensate da un sistema a guida laser

metro laser mediante un asse lineare per scansionare il profilo a intervalli regolari.

Ogni scansione è costituita da una nuvola di punti che, opportunamente analizzata, fornisce la linea dei centri. La mancanza di linearità della guida motorizzata implica una discrepanza tra la posizione reale del profilo e quella misurata; in particolare, le rotazioni della guida creano profili elicoidali anche in presenza di billette perfettamente rettilinee.

Il problema viene solitamente ovviato utilizzando guide di precisione, la cui installazione risulta tuttavia problematica in un ambiente termo-meccanicamente ostile.

È stato sviluppato un sistema di compensazione in tempo reale della rototraslazione dell'equipaggio mobile che sfrutta una sorgente laser e una telecamera. La sorgente laser è fissa e proietta una geometria nota su un pannello solidale al profilometro.

Una telecamera, anch'essa solidale al pannello e al profilometro, osserva la geometria proiettata dal laser che, in caso di sistema perfettamente allineato, risulta ferma durante la scansione.

In caso di non-idealità della guida, la proiezione della geometria roto-trasla nel piano e le misure del baricentro dell'immagine e della rotazione, in frame successivi, forniscono la base per la

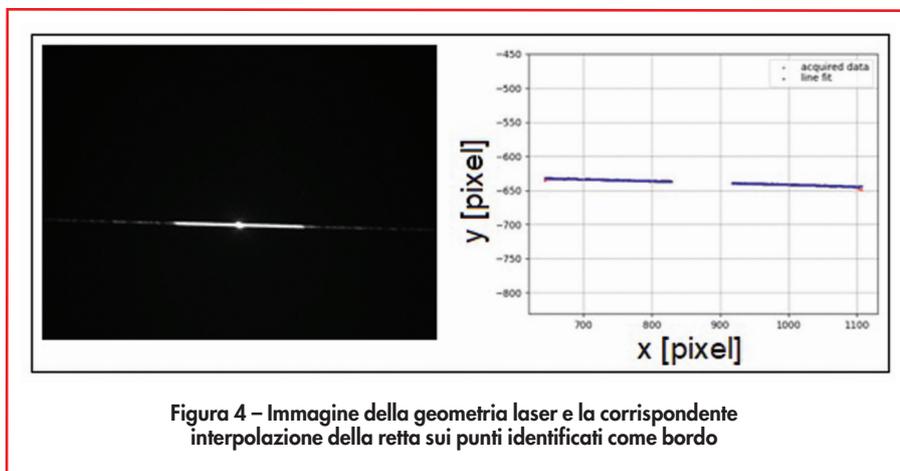


Figura 4 – Immagine della geometria laser e la corrispondente interpolazione della retta sui punti identificati come bordo

ta e la rotazione attorno all'asse stesso, che vengono poi utilizzate con il metodo della matrice di trasformazione omogenea per compensare le non-idealità della guida. La posizione lungo l'asse, misurata tramite un encoder ottico, non necessita di compensazione, così come le rotazioni attorno agli assi perpendicolari a quello della billetta.

Le singole nuvole di punti contengono, oltre alla semicirconferenza corrispondente alla sezione scansionata, anche punti appartenenti al telaio di scansione o ad altre geometrie presenti nel campo di vista.

Per escludere i punti che non sono d'interesse, è stata utilizzata una procedura di clustering basata sul metodo DBSCAN [3].

La deflessione statica delle billette sulla rulliera, analizzata tramite FEM, è risultata trascurabile rispetto all'errore massimo di linearità per billette di lunghezza pari a 6 m e diametri compresi tra 160 e 320 mm.

compensazione delle distorsioni della guida.

Nell'implementazione proposta, è stata utilizzata la tecnica dell'exposure bracketing per aumentare l'accuratezza di riconoscimento dello spot centrale (che richiede un basso tempo di esposizione) e della linea proiettata

(che richiede un tempo di esposizione maggiore) utilizzando classici algoritmi di edge detection [2] e il metodo dei minimi quadrati [4].

Per ogni posizione di misura (con step variabili tra 100 e 1.000 mm) vengono misurate le deflessioni lungo due assi perpendicolari all'asse della billet-

NEWS ▶

TRACKING BLE
DI STRUMENTI E OGGETTI

Il sistema di tracking BLE, sviluppato da Aviatronik spa, permette di tracciare qualsiasi strumentazione e oggetto di vario tipo in qualunque ambiente chiuso o aperto. Tale sistema è composto da piccole antenne "Gateway", che ricevono pacchetti di informazioni provenienti dai Beacon Tag presenti nell'area di copertura; questi pacchetti possono contenere varie informazioni utili, quali matricola, serial number, email, testo breve o altro. I Beacon Tag possono avere varie forme e dimensioni in funzione dell'uso che se ne deve fare: uno dei modelli più comuni ha forma circolare, con diametro di 2,8 cm (ved. immagine), caratteristiche che lo rendono installabile su gran parte dei possibili oggetti da tracciare.

Installate le antenne a copertura delle aree interessate e fissati i Beacon Tag sugli oggetti da monitorare, il software di gestione sviluppato da Aviatronik permette di configurare una serie di



parametri utili, come l'intervallo di emissione del segnale dei Beacon Tag (impostando un'emissione ogni 5 minuti, la batteria di ogni Tag durerà circa 10 anni), le informazioni in esso contenute, il nome o la posizione dei Gateway, ecc.

Grazie a un complesso e strutturato algoritmo di ricerca (Real Time Location System), il software è in grado di rilevare con alta precisione e affidabilità la posizione dei vari Beacon Tag, anche se il loro segnale dovesse essere ricevuto da diverse antenne Gateway.

Inoltre tale software permette l'invio automatico di email di allarme in caso di spostamento dei Beacon Tag da un Gateway all'altro o in caso di sparizione del segnale dai Gateway.

È possibile, inoltre, dotare i Beacon Tag



di accessori quali un misuratore di temperatura o un misuratore di shock, per rilevare eventuali colpi ricevuti dal sensore.

Tale sistema, quindi, nel suo complesso garantisce un affidabile tracciamento Real Time di beni all'interno di aziende, ospedali, aeroporti, quartieri e molto altro.

RICHIEDI QUI
ulteriori informazioni.

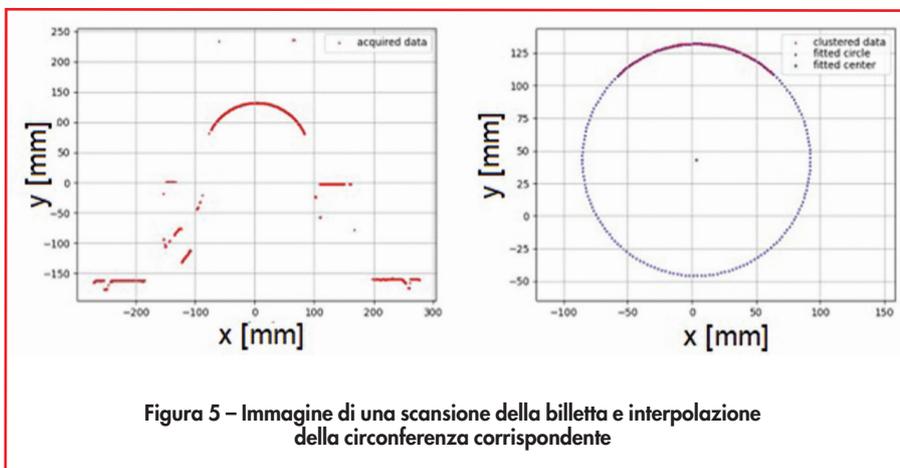


Figura 5 – Immagine di una scansione della billetta e interpolazione della circonferenza corrispondente



Figura 6 – Banco prova realizzato

BANCO PROVA E ACCURATEZZA DEL SISTEMA

Il sistema descritto è stato realizzato in scala ridotta ed è stato testato su spezzoni di billette di lunghezza 800 mm (Fig. 6). L'accuratezza del sistema di compensazione è stata valutata imponendo rototraslazioni note all'equipaggio mobile e valutando la differenza tra le rototraslazioni imposte e quelle misurate. L'incertezza (espressa come scarto tipo della differenza tra valori imposti e valori misurati) è pari a 0,2 mm per le traslazioni e 0,3° per le rotazioni. Il sistema consente quindi d'identificare la linea dei centri, alla distanza nominale di funzionamento di 0,7 m, con un'incertezza tipo inferiore a 2 mm, consentendo di compensare in tempo reale le deflessioni statiche e ter-

miche del telaio e della guida di movimentazione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. F. Arif *et al.*, "Product Defects in Aluminum Extrusion and its Impact on Operational Cost" 2002. [Online].
- [2] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications 2nd Edition*. 2021. [Online].
- [3] M. Ester, H.-P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu, "A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise" 1996. [Online].
- [4] H. Abdi, "The Method of Least Squares" in *Encyclopedia of measurement and statistics*, 1, 2007, pp. 530-532. [Online].



Paolo Fasoli è Assegnista di Ricerca nella sezione di Misure presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, dove svolge attività di ricerca riguardante sistemi di visione.



Stefano Marelli sta conseguendo il titolo di Dottore di Ricerca presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano. È attualmente Senior Engineer presso One-Off Innovation.



Yuvan Sathya Ravi è dottorando di ricerca presso il Politecnico di Milano e si occupa di diagnostica di sistemi per la produzione di alluminio.



Paolo Brambilla è dottorando presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, la sua attività di ricerca consiste nello sviluppo di sistemi di visione per il controllo qualità e identificazione difetti su componenti metallici.



Chiara Conese sta conseguendo il titolo di Dottore di Ricerca presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano. Si occupa attualmente di sistemi per la diagnostica delle macchine basati su data fusion.



Maurizio Colombo è laureato in Ingegneria Elettrica presso il Politecnico di Milano. È CEO di One-Off Solution, azienda che si occupa di sistemi di automazione industriale per la produzione di acciaio e alluminio.



Marco Tarabini è professore associato di Misure Meccaniche e Termiche presso il Politecnico di Milano. Si occupa dello sviluppo di sistemi di misura per applicazioni industriali e di misure dell'effetto delle vibrazioni sui sistemi meccanici e biomeccanici.