

Valutazione dell'esposizione a campi elettromagnetici di lavoratori in comparti che utilizzano riscaldatori ad induzione

S.Adda¹, L.Anglesio¹, G.d'Amore¹, E.Caputo¹, M.Fontana², P.Tura²

¹Arpa Piemonte – Centro Regionale Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti, via Jervis 30 – Ivrea

²Arpa Piemonte – Centro Regionale per l'Epidemiologia e la Salute Ambientale

RIASSUNTO

Nel quadro dell'applicazione della Direttiva 2004/40/CE e del titolo VIII del D.lgs. 81/2008, Arpa Piemonte ha istituito un progetto pilota, in collaborazione con alcune ASL del territorio piemontese, finalizzato a determinare le problematiche legate all'esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici generati da riscaldatori ad induzione.

Il progetto, orientato in una prima fase sui comparti oreficeria (microfusione e fusione oro e platino) e stampaggio a caldo dell'acciaio, prevede l'acquisizione di informazioni dettagliate sulle sorgenti, sulle modalità operative di utilizzo delle stesse da parte dei lavoratori, sulla possibilità di esposizioni non intenzionali di altri lavoratori dell'azienda, e infine l'effettuazione di misure di campo magnetico e il calcolo della conformità alla normativa.

Per quanto riguarda l'aspetto relativo alle misure, non sono ad oggi state pubblicate tutte le norme CENELEC, previste dalla Direttiva, sulle metodologie e procedure da utilizzare: è stato pertanto necessario approfondire l'aspetto strumentale e metodologico per la tipologia di sorgenti e di lavorazioni scelte.

In questo lavoro vengono pertanto presentati i risultati sia della campagna di acquisizione di informazioni sulle sorgenti e sulle attività produttive, sia delle misure effettuate, con particolare attenzione alla scelta degli strumenti, dei parametri di acquisizione, dei punti di misura e delle tempistiche

INTRODUZIONE

I riscaldatori ad induzione (forni, crogioli, ecc.) sono apparati che sfruttano l'induzione di correnti elettriche, da parte del campo magnetico prodotto da bobine apposite, negli oggetti da riscaldare: industrialmente si utilizzano generatori a bassa frequenza (inferiore a 5 kHz), media frequenza (da 5 a 30 kHz) e alta frequenza (fino a 200 kHz). Tali riscaldatori sono utilizzati in diversi comparti produttivi, per varie attività tra cui la fusione di metalli preziosi (ad uso gioielleria o dentistico), la fusione/ri-fusione/stampaggio di ottone, bronzo, leghe ferrose, acciaio, rame, alluminio (settore metallurgico, fonderie), la trafilatura e la tempra. Esiste pertanto un potenziale impatto non trascurabile in termini di lavoratori esposti e di livelli di esposizione, anche perché il campo magnetico generato da questi apparati può, in taluni casi, essere confrontabile o anche superiore ai valori di azione fissati dalla normativa. Spesso, inoltre, le modalità di lavoro comportano la presenza di addetti in prossimità degli induttori ai fini del controllo del processo.

Il progetto si è incentrato su due tipologie produttive piuttosto diffuse in alcune zone del Piemonte: la fusione di metalli preziosi nell'area di Valenza e lo stampaggio a caldo dell'acciaio nella zona del Canavese.

In queste aree, grazie alla collaborazione delle Aziende Sanitarie Locali, sono state individuate alcune ditte con diverse caratteristiche produttive (tipologie di prodotto, quantità di materiale trattato, numero di sorgenti presenti, dimensioni e caratteristiche degli ambienti di lavoro). Al fine di poter procedere alla scelta degli strumenti di misura e alla strutturazione di procedure idonee, sono stati quindi acquisiti i manuali dei riscaldatori ad induzione utilizzati nelle varie aziende, e successivamente sono stati effettuati sopralluoghi, con intervista degli addetti, per determinare le esatte modalità di lavoro e i parametri d'uso specifico degli induttori. Si è infine proceduto all'effettuazione delle misurazioni nelle prime aziende (la campagna di misure è ancora in corso).

Di seguito si analizzano le caratteristiche delle sorgenti presenti in questi ambiti, la strumentazione e le procedure di misura scelte in funzione delle stesse sorgenti e delle modalità lavorative ed i risultati delle prime misure effettuate.

CARATTERISTICHE DELLE SORGENTI E DELLE LAVORAZIONI

I due comparti produttivi sui quali il progetto è incentrato sono caratterizzati da fonditori e forni ad induzione con caratteristiche variabili, anche all'interno di una stessa tipologia di processo, in funzione di una serie di parametri legati alle esigenze di produzione.

In questo paragrafo si riporta un'analisi delle principali caratteristiche delle sorgenti analizzate e dei parametri specifici che possono influenzare le modalità di generazione del campo magnetico ed i livelli emessi. Si sottolinea come la variabilità di queste caratteristiche implica in molti casi una variabilità degli strumenti e delle modalità di misura, che verranno analizzate nel paragrafo seguente.

Per quanto concerne la fusione di metalli preziosi, le 4 aziende oggetto di indagine utilizzano fonditori con capacità di carico da circa 1kg a circa 40kg e potenze da 2kW a 15kW. Le frequenze di lavoro nominali sono, per le 5 tipologie di fonditori, di 3kHz, 3.5kHz, 10kHz, 110kHz, 1.2MHz.

Sia le potenze, sia le frequenze possono però variare, in funzione del processo in atto e delle scelte dettate dall'esperienza dell'operatore, anche durante una stessa applicazione. La procedura lavorativa prevede una fase iniziale di riscaldamento a vuoto, alla quale seguono l'immissione del metallo, la fusione dello stesso e quindi il suo rovesciamento nello stampo. I tempi di fusione sono dell'ordine di 5-10 minuti per

i crogioli a bassa capacità di carico, mentre raggiungono i 40 minuti per i crogioli ad elevata capacità di carico. Nella fotografia di figura 1 è riportato, a titolo di esempio, uno dei fonditori ad induzione durante le misure.

Figura 1 – fonditore ad induzione di metalli preziosi durante le misure.



Per quanto riguarda invece lo stampaggio a caldo dell'acciaio, i forni analizzati in due aziende hanno potenze da 250kW a 1500kW, e frequenze 1kHz, 2kHz, 2.4kHz. In questo caso, la potenza rimane costante nell'ambito di una specifica applicazione, ma può essere cambiata al variare delle caratteristiche della billetta da stampare. La frequenza può anch'essa variare a seconda dell'applicazione. Le billette che vengono stampate hanno diametri da 5cm a 1m circa: esse scorrono attraverso la bobina, che è installata in orizzontale e che rimane costantemente alimentata, per arrivare alle presse a stampare e a sbavare.

In generale, per entrambe le tipologie di produzione considerate, la variazione di frequenza che si può riscontrare per un certo tipo di riscaldatore durante la singola applicazione o da un'applicazione ad un'altra è dell'ordine del 10-15%, e dipende sostanzialmente dall'adattamento di impedenza della bobina, che varia al variare dell'accoppiamento con il metallo lavorato.

La variazione di potenza può invece essere decisamente più elevata, in particolare nel caso della fusione di metalli preziosi, variando da un minimo intorno al 20% della potenza nominale ad un massimo all'incirca del 90% della stessa potenza nominale.

STRUMENTI E METODI DI MISURA

La scelta degli strumenti da utilizzare per la misura è stata dettata dalla necessità di misurare un campo a prevalenza magnetico in un intervallo, quello delle frequenze intermedie, poco coperto dai normali misuratori di uso ambientale e con una dinamica di campo molto ampia.

Un ulteriore elemento importante era la necessità di verificare la presenza di segnali a frequenze diverse, ed in tal caso di effettuare una misura in banda stretta adeguata per poter confrontare i risultati con i valori d'azione fissati dalla normativa (che sono variabili con la frequenza).

Per quanto riguarda la fusione di metalli preziosi, sono stati utilizzati set differenti di strumentazione per la misura in banda larga e in banda stretta sui vari apparati, in quanto l'intervallo di frequenza su cui tali apparati lavorano è molto ampio. Ad oggi sono state effettuate misure su due tipologie di riscaldatore, in funzione delle quali in tabella 1 è riportato l'elenco della strumentazione scelta.

Tabella 1 – Strumentazione per le misure sui riscaldatori a induzione per fusione metalli preziosi

Apparato - frequenza nominale	Strumenti misura banda larga (intervallo di risposta)	Strumenti misura banda stretta (intervallo di risposta)
Apparato 1 – 3.5 kHz	PMM EHP-50C (5Hz - 100kHz)	PMM EHP-50C (5Hz – 100kHz) e analizzatore Agilent N9020A (20Hz – 26.5GHz) con loop EMCO 7604 (20Hz - 50kHz)
Apparato 2 – 110 kHz	Narda EMR-300 con sonda 12.1 (tarata da 100kHz a 30MHz)	analizzatore Agilent N9020A (20Hz – 26.5GHz) con loop EMCO 6512 (10kHz - 30MHz)

In fase di misura si è però verificato che l'apparato 2, a fronte di una frequenza dichiarata di 110kHz, aveva un'emissione reale variabile tra 90kHz e 97kHz. Le misure in banda larga su questo apparato sono perciò state effettuate, dato che la frequenza di lavoro si trovava a cavallo tra i range dei due strumenti in banda larga disponibili, con entrambi gli strumenti.

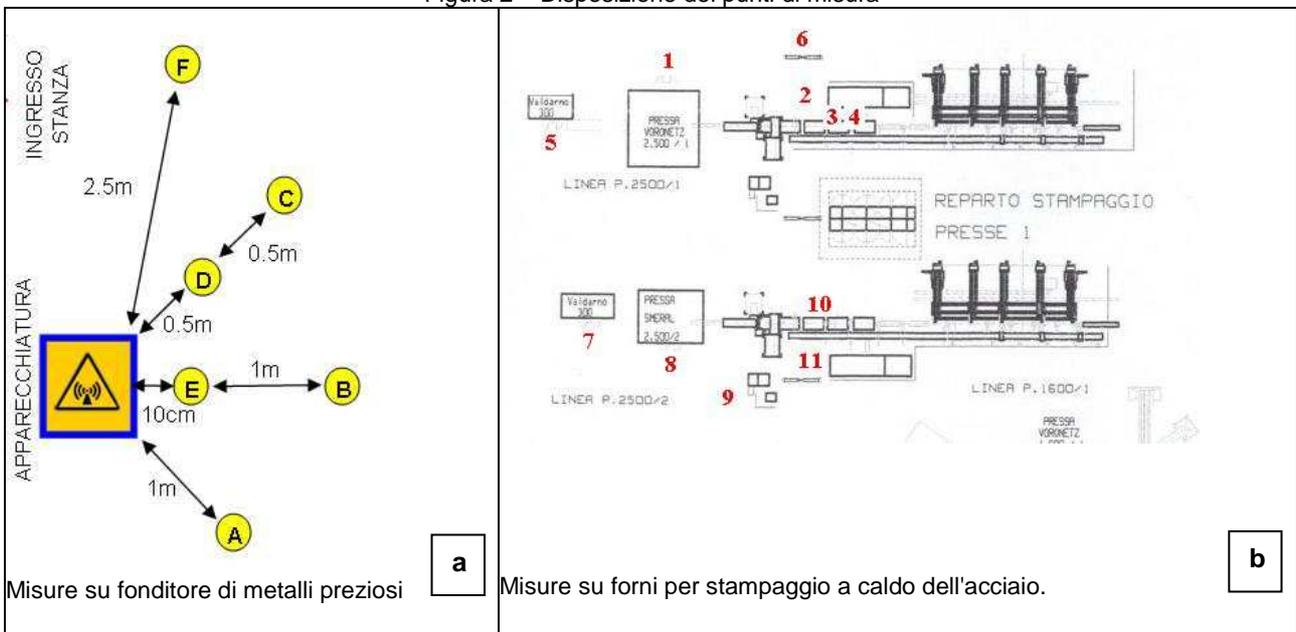
Le misure sui forni per lo stampaggio a caldo dell'acciaio sono invece state effettuate con la seguente strumentazione:

- Narda EFA-3, con sensore interno di campo magnetico (5Hz – 30kHz)
- Analizzatore HP3561A (0Hz – 100kHz) con loop EMCO 7604 (20Hz - 50kHz)

Per quanto riguarda le procedure di misura seguite, esse hanno tenuto conto di quanto riportato nel final draft dello standard CENELEC FprEN50519 "Assessment to workers' exposure to electric and magnetic fields of industrial induction heating equipment", e sono state finalizzate a determinare l'esposizione del lavoratore in funzione delle caratteristiche del ciclo di lavorazione. Particolare attenzione è stata quindi posta alla scelta dei punti di misura e dei tempi di acquisizione.

Un esempio della disposizione dei punti di misura per uno degli apparati per la microfusione e per un'azienda di stampaggio a caldo è riportato in figura 2. L'altezza da terra dei punti di misura è stata scelta in modo tale da valutare l'esposizione del corpo del lavoratore, concentrandosi particolarmente su torace (1.5m) e testa (1.7m).

Figura 2 – Disposizione dei punti di misura



L'aspetto dei tempi di acquisizione è stato particolarmente importante nel caso dei fonditori di metalli preziosi, in quanto si è riscontrata una forte variabilità dei parametri durante la singola applicazione: sono state pertanto registrate le variazioni di potenza con i relativi tempi e valutati sia il valore massimo (modalità max hold), sia quello medio (prevista la media su 6 minuti nel caso di segnali sopra i 100kHz).

RISULTATI

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati delle prime misure nelle aziende di fusione dei metalli preziosi e un breve sunto dei risultati delle misure nelle aziende di stampaggio a caldo dell'acciaio.

Fusione metalli preziosi

Le misure effettuate su due tipologie di forni hanno evidenziato valori al di sotto dei valori d'azione in tutte le postazioni in cui i lavoratori permangono per svolgere la loro attività (un esempio sono i risultati alle postazioni riportate in tabella 1 e 2), sia misurando il valore massimo (modalità max hold), sia quello medio (prevista la media su 6 minuti nel caso di segnali sopra i 100kHz).

Tabella 1 – Risultati della misura in banda larga presso il fonditore 1 (fig.2a)

Frequenza (Hz)	PUNTO	Induzione magnetica (μT)	Valore d'azione (μT)	Rapporto valore misurato/valore d'azione
3800-20000	B	0.15	30.7	0.005
	D	0.58	30.7	0.02
	E	0.89	30.7	0.03

Tabella 2 – Risultati della misura in banda stretta presso il fonditore 2

Frequenza (kHz)	Campo magnetico (A/m)	Valore d'azione (A/m)	Rapporto valore misurato/valore d'azione
90	0.06	17.7	0.003
97	0.07	16.5	0.004

Stampaggio a caldo dell'acciaio

Le misure effettuate su tre tipologie di forni hanno evidenziato valori al di sotto dei valori d'azione nelle postazioni in cui i lavoratori permangono per svolgere la loro attività (un esempio sono i risultati alla postazione “pressa a stampare” riportati in tabella 3), mentre si sono evidenziati superamenti dei valori d'azione in alcune aree accessibili intorno ai forni, in particolare lungo gli induttori dove si accede per il controllo del processo. Infatti qui il contributo della componente in frequenza corrispondente all'emissione del forno varia tra 30 e 100 μT circa.

Tabella 3 – Risultati della misura in banda stretta presso la postazione “pressa a stampare” (punto 1 in fig.2b)

Frequenza (Hz)	Induzione magnetica (μT)	Valore d'azione (μT)	Rapporto valore misurato/valore d'azione
50	5	500	0.01
250	0.1	20	0.005
1110	2.9	6.25	0.464
Indice somma dei contributi relativi (linee guida ICNIRP)			0.48

E' risultato che il superamento dei valori d'azione è limitato ad un'area intorno al forno contenuta entro una distanza di 1-2m dall'induttore, in quanto l'intensità di campo decresce rapidamente con la distanza dall'asse della bobina.

CONCLUSIONI

L'analisi delle sorgenti ed i risultati ottenuti in questa prima parte del progetto hanno evidenziato una forte variabilità del campo magnetico emesso dagli apparati monitorati, in funzione del tipo di pezzo da lavorare e delle caratteristiche stesse della lavorazione. In particolare, per quanto riguarda la fusione di metalli preziosi, il valore di attenzione è rispettato in tutte le postazioni in cui i lavoratori permangono per svolgere la loro attività, pur variando la potenza dal 20% al 90% della potenza nominale e la frequenza circa del 10% anche all'interno di uno stesso ciclo di fusione.

Per quanto riguarda le misure nelle aziende di stampaggio a caldo dell'acciaio, tre tipologie di forni hanno evidenziato valori al di sotto dei valori d'azione nelle postazioni in cui i lavoratori permangono per svolgere la loro attività, mentre si sono evidenziati superamenti dei valori d'azione in alcune aree accessibili intorno ai forni. In particolare lungo gli induttori dove si accede per il controllo del processo il contributo della componente in frequenza corrispondente all'emissione del forno varia tra 30 e 100 μT circa. Per questo tipo di lavorazione la potenza è costante nell'ambito di una specifica applicazione, ma può essere cambiata al variare delle caratteristiche della billetta da stampare, mentre la variazione di frequenza che si può riscontrare per un certo tipo di riscaldatore durante la singola applicazione o da un'applicazione ad un'altra è dell'ordine del 10-15%, e dipende sostanzialmente dall'adattamento di impedenza della bobina, che varia al variare dell'accoppiamento con il metallo lavorato.

Bibliografia

FprEN50519 “Assessment to workers' exposure to electric and magnetic fields of industrial induction heating equipment”, final draft, CENELEC