

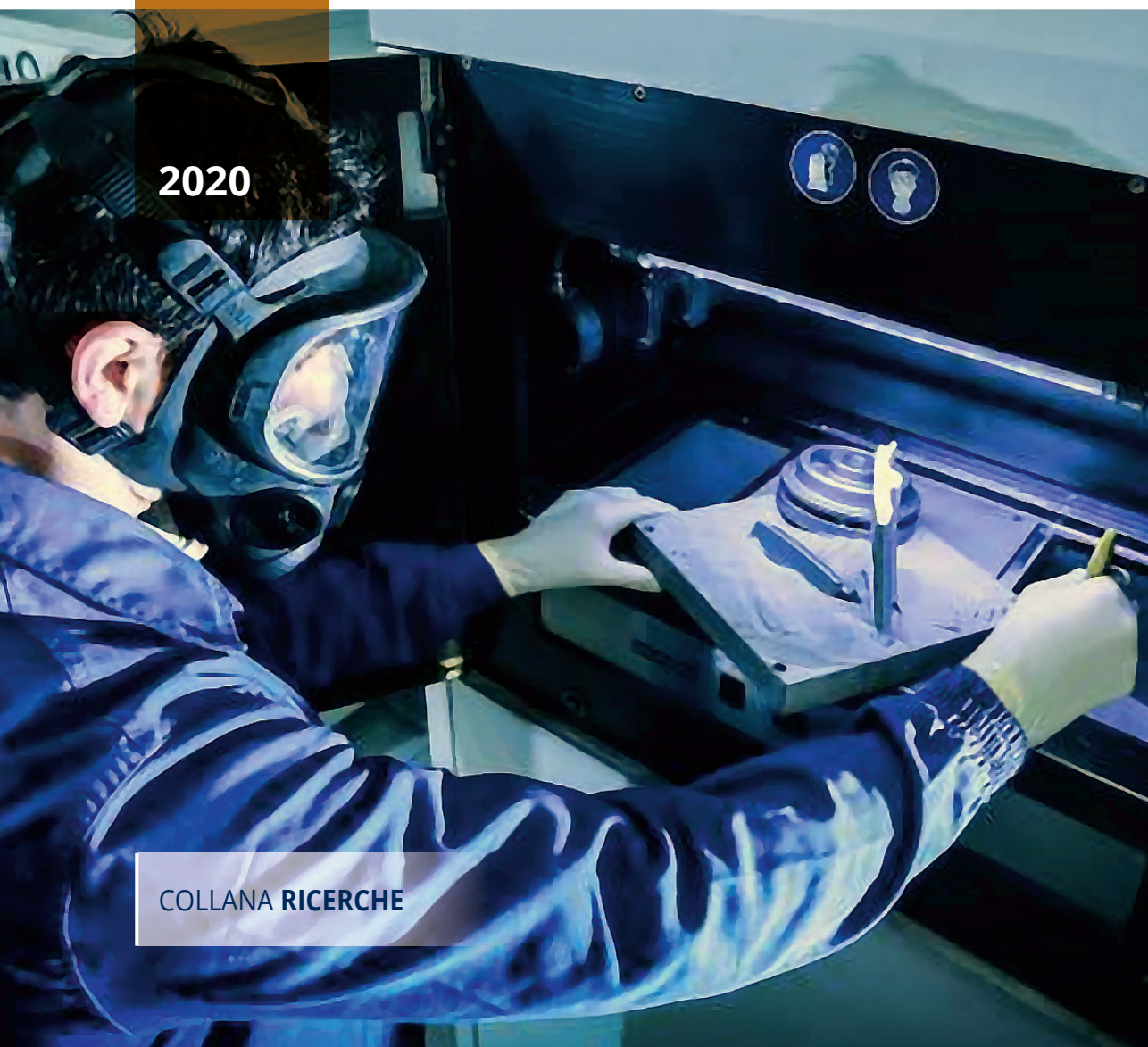
LA SICUREZZA NELLE TECNOLOGIE ADDITIVE PER METALLI

INAIL

Fusione o sinterizzazione a letto di polvere
Linee di indirizzo

2020

COLLANA RICERCHE



LA SICUREZZA NELLE TECNOLOGIE ADDITIVE PER METALLI

INAIL

Fusione o sinterizzazione a letto di polvere
Linee di indirizzo

2020

Pubblicazione realizzata da

Inail

Dipartimento innovazioni tecnologiche
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

Responsabili scientifici

Luciano Di Donato¹, Alessandra Ferraro¹, Enrico Annacondia²

Autori

Luciano Di Donato¹, Marco Pirozzi¹, Laura Tomassini¹, Enrico Annacondia²,
Alessandra Ferraro¹

Collaborazioni

Adriano Bernardi², Davide Birolì², Jacopo D'Auria², Alessio Di Filippo¹, Paolo Fritschì²,
Paolo Gennaro², Andrea Medina², Enrico Orsi², Renato Ottone², Marco Panizzoli²,
Stefano Pinca², Roberta Sampieri², Domenico Santoro², Giancarlo Scianatico²,
Luca Taverna², Federico Valente², Mauro Varetti², Luigi Galdabini², Luigi Benedetti²,
Alfredo Mariotti³, Bruno Maiocchi³

¹ Inail, Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

² Aita, Associazione Italiana Tecnologie Additive

³ Ucimu - Sistemi per produrre

per informazioni

Inail - Dipartimento innovazioni tecnologiche
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici
via Roberto Ferruzzi, 38/40 - 00143 Roma
dit@inail.it
www.inail.it

© **2020 Inail**

ISBN 978-88-7484-630-6

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nelle pubblicazioni, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Le pubblicazioni vengono distribuite gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

Indice

1. Premessa	7
2. Introduzione e scopo	9
3. Campo di applicazione	10
4. Le tecnologie additive	11
4.1 Caratteristiche tecniche del powder bed fusion/sintering	12
4.2 Descrizione del processo per macchine powder bed fusion/sintering laser o EBM	16
5. Pericoli specifici	18
5.1 Elementi mobili	18
5.2 Caduta oggetti	19
5.3 Radiazioni e campi	21
5.3.1 Radiazioni ionizzanti	21
5.3.2 Radiazioni non ionizzanti	22
5.3.3 Radiazioni ottiche (laser)	23
5.4 Superfici e materiali caldi	25
5.5 Incendio e esplosione	27
5.6 Elettricità statica	29
5.7 Polveri e gas	30
5.7.1 Le polveri	30
5.7.2 Gas inerti	33
6. Obblighi del fabbricante	34
6.1 La valutazione dei rischi	34
6.2 L'immissione sul mercato	36
6.2.1 La dichiarazione CE di conformità	36
6.2.2 La marcatura	36
6.2.3 Le istruzioni	37
7. Obblighi del datore di lavoro	39
7.1 La valutazione dei rischi	39

7.2	Gestione dei rischi	40
7.2.1	I dispositivi di protezione individuale (DPI)	44
7.2.2	Informazione, formazione e addestramento	46
8.	Obblighi dei lavoratori	48
9.	Check list	49
9.1	Check list a supporto dell'utilizzo in sicurezza delle macchine che adottano TA powder bed fusion/sintering	49
9.2	Check list pericoli specifici	51
10.	Glossario	54
11.	BIBLIOGRAFIA	58

La riproduzione delle figure delle norme UNI EN 12100:2010 e UNI EN ISO 122541:2010 è stata autorizzata da UNI Ente Nazionale di Normazione. L'unica versione che fa fede è quella originale reperibile in versione integrale presso UNI - Via Sannio 2 20137 Milano - sito internet www.uni.com

1. Premessa

Le tecnologie additive si stanno sempre più diffondendo anche nel settore manifatturiero ed in particolare nella lavorazione di materiali di difficile fusibilità (leghe per alta temperatura, compositi metalloceramici), comportando la riduzione di scarti e sfridi di lavorazione e il miglioramento dei processi industriali.

Questa connotazione fortemente “manifatturiera” contraddistingue le tecnologie additive oggetto del presente documento da quelle legate essenzialmente al mondo dei “maker” e degli “artigiani digitali” per applicazioni di natura ludica e di personal manufacturing condotte a livello domestico o similare, comunemente denominate “stampanti 3D”.

Le macchine che impiegano nei loro processi questa nuova tecnologia, annoverata peraltro tra le tecnologie abilitanti del Piano Nazionale Industria 4.0¹, sono inserite in luoghi di lavoro e pertanto rientrano nel campo di applicazione del panorama giuridico normativo afferente la salute e sicurezza sul lavoro ovvero del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, e successive modifiche e integrazioni, di seguito d.lgs. 81/2008. Quest’ultimo individua, in merito all’uso di attrezzature di lavoro e alla sicurezza dei luoghi di lavoro, specifiche figure e ruoli (responsabilità) per l’espletamento di attività volte ad assicurare e mantenere un adeguato livello di sicurezza per gli operatori delle attrezzature e per gli altri lavoratori. Per poter assicurare quanto richiesto è fondamentale conoscere i pericoli che caratterizzano le attrezzature, valutarne i rischi nonché le possibili misure tecnico-organizzative adottabili. In tal senso mentre per moltissime attrezzature sono disponibili norme tecniche armonizzate di tipo C² alla direttiva macchine, per quelle che impiegano tecnologie additive ad oggi non risultano disponibili norme tecniche di riferimento. D’altra parte si evidenzia che in ambito ISO il comitato TC 261 Additive Manufacturing (AM) ha in programma di realizzare un gruppo di norme nel campo dell’AM aventi come campo di applicazione i relativi processi, le catene di processo (hardware e software), le procedure di test, i parametri di qualità e gli accordi di fornitura.

1 Per dettagli, vedi: <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>

2 La norma armonizzata alla direttiva macchine è una specifica tecnica adottata da un organismo di normalizzazione (es. CEN, CENELEC) su mandato della Commissione europea il cui riferimento è stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea ai sensi della direttiva 2006/42/CE, che conferisce presunzione di conformità e non ha carattere vincolante (la sua osservanza è volontaria). Le norme di tipo C trattano requisiti di sicurezza per una data categoria di macchine.

Il presente lavoro nasce dall'esigenza di avere un primo documento di riferimento per l'individuazione e caratterizzazione dei pericoli specifici presenti nelle attrezzature che adottano tecnologie additive. Il testo tratta in particolare le due tipologie di attrezzature maggiormente diffuse nel settore manifatturiero quali le macchine che operano la fusione/sinterizzazione di un letto di polveri (powder bed fusion /sintering machine) mediante un laser o e quelle che realizzano tale processo mediante un fascio di elettroni (Electron Beam Melting - EBM). Queste tecnologie possono essere utilizzate sia per la realizzazione di prototipi, con elevati livelli di finitura, sia per la vera e propria produzione di oggetti in tempi più rapidi rispetto alle tecnologie tradizionali che possono implicare, ad esempio, la realizzazione di stampi o altri sistemi di attrezzaggio che comportano tempi più lunghi per l'industrializzazione del prodotto.

Il documento, destinato in particolare al settore dell'industria metalmeccanica, è stato realizzato tenendo conto sia della legislazione vigente (in particolare il d.lgs. 81/2008 e s.m.i. e il d.lgs. 17/2010, decreto di attuazione della direttiva macchine) sia delle norme tecniche di sicurezza generiche, ad esempio norme di tipo B³.

3 Le norme di tipo B trattano aspetti generali o specifici di sicurezza applicabili su un'ampia gamma di macchinari.

2. Introduzione e scopo

Il presente documento è indirizzato ai datori di lavoro, agli utilizzatori e a quanti operano nel campo della sicurezza del macchinario e si confrontano con l'applicazione delle tecnologie additive in contesti lavorativi. Il documento è di ausilio alle attività delle figure sopra specificate, ma non sostituisce né assolve agli adempimenti per la sicurezza dei lavoratori in capo ai soggetti individuati dalla normativa vigente. Esso tratta, in particolare, i concetti base per l'utilizzo in sicurezza delle macchine operanti mediante processi di fusione (*powder bed fusion*) e sinterizzazione dei metalli (*powder bed sintering*), lasciando a successivi documenti l'analisi e l'approfondimento di ulteriori tematiche relative alla sicurezza delle macchine operanti con tecnologie additive.

Le macchine oggetto del presente documento ricadono nel campo di applicazione della direttiva 2006/42/CE (Direttiva Macchine) e, pertanto, i fabbricanti devono rispettare i requisiti di salute e sicurezza previsti, nonché seguire l'iter di certificazione e marcatura ivi individuato per la loro immissione sul mercato e/o messa in servizio. Inoltre, per pericoli specifici possono applicarsi altre direttive, quale ad esempio la direttiva 2014/34/UE (Direttiva ATEX) che è relativa ad apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva. Il datore di lavoro è in ogni caso chiamato a gestire il rischio residuo sulla macchina secondo le istruzioni fornite dal fabbricante e tenendo conto delle caratteristiche della specifica installazione nel luogo di lavoro. In tale contesto, sono state evidenziate le caratteristiche della documentazione a corredo della macchina, nonché le possibili condizioni di pericolo e i rischi associati, indicando alcune possibili misure di sicurezza e protezione implementabili.

3. Campo di applicazione

L'ambito considerato è quello dell'utilizzo, in un luogo di lavoro di tipo industriale, delle macchine che impiegano processi additivi operanti per fusione/sinterizzazione di letto di polveri metalliche mediante laser o fascio elettronico. Oltre ad illustrare il processo di lavorazione di queste macchine, i principali pericoli e rischi che le caratterizzano, nonché le relative misure di sicurezza e protezione adottabili, viene fornita in allegato una check-list volta a mettere in luce gli aspetti documentali e le misure tecnico-organizzative che devono essere considerate e gestite per il loro utilizzo in sicurezza.

Si specifica che il documento non contiene un elenco esaustivo di tutti i pericoli, non essendo stato sviluppato con l'intento di sostituire l'analisi e la valutazione dei rischi che devono comunque essere svolte in accordo con le prescrizioni legislative applicabili. Inoltre, non è stato sviluppato come strumento applicabile ad ambiti diversi da quello industriale e a macchine che utilizzano processi additivi e/o materiali diversi da quelli esplicitamente trattati quali, ad esempio, macchine ibride che combinano processi sottrattivi ed additivi, macchine che adottano processi a deposizione di energia diretta (direct energy deposition) o la tecnologia di sinterizzazione laser su polimeri.

4. Le tecnologie additive

La norma ISO/ASTM 52900:2015 “Additive manufacturing - General principles - Terminology” definisce le tecnologie additive come quei *“processi che aggregano materiali al fine di creare oggetti partendo dai loro modelli matematici tridimensionali, solitamente per sovrapposizione di layer (strati) e procedendo in maniera opposta a quanto avviene nei processi sottrattivi”* nei quali il prodotto finale è realizzato per sottrazione di materiale, come ad es. nell’asportazione di truciolo.

Come sinonimo di “tecnologie additive” è spesso utilizzato quello di “stampante 3D”, molto popolare tra gli organi di informazione e, in generale, nel mondo dei produttori (“maker”) o artigiani digitali e della “personal manufacturing” eseguita mediante l’impiego di macchine low-cost. La suddetta norma identifica come “stampa 3D” quei processi additivi che realizzano prodotti mediante la deposizione di materiale attraverso una testa di stampa (ugelli od altre tecnologie di stampa). In passato, molte di queste applicazioni erano contraddistinte dalla definizione di “prototipazione rapida”, ormai obsoleta, dato che con le tecnologie additive vengono sempre più spesso realizzate parti funzionali e non solo pezzi prototipali e dimostrativi.

In particolare, le tecnologie additive sono utilizzate per produrre modelli fisici, prototipi, componenti, attrezzature e prodotti di vario genere realizzati in materiali polimerici, metallici (come quelli illustrati in figura 1), ceramici e in materiali compositi. Tale gamma si sta rapidamente estendendo fino a comprendere, per esempio, tessuti biologici e composti alimentari quali la pasta o il cioccolato. Questo avviene utilizzando, in linea di massima, sette famiglie di processi:

- a. material extrusion: processo mediante il quale il materiale, solitamente polimerico, una volta portato allo stato pastoso, è distribuito selettivamente mediante un orificio. Questo processo, noto anche come FFF (*Fused Filament Fabrication*) o FDM (*Fused Deposition Modeling*), è tipicamente usato nelle macchine low-cost per la “stampa 3D”;
- b. material jetting: processo mediante il quale “goccioline” di materiale vengono spruzzate selettivamente per creare i layer di polimeri, cera o metalli;
- c. binder jetting: processo mediante il quale un agente legante allo stato liquido viene spruzzato su uno strato di polvere polimerica o ceramica, di terre da fonderia, altro;
- d. sheet lamination: processo mediante il quale il manufatto viene realizzato con l’unione di fogli sagomati di carta o metallo;
- e. vat photopolymerization: processo basato sulla solidificazione selettiva di un polimero liquido mediante radiazioni elettromagnetiche fornite da laser o altro sistema. In questa categoria rientra il noto processo di stereolitografia;

- f. powder bed fusion/sintering: processo mediante il quale un flusso di energia opportunamente concentrato va a fondere/sinterizzare localmente uno strato di polvere metallica o polimerica; il flusso di energia è fornito solitamente da un fascio laser o di elettroni;
- g. direct energy deposition: processo mediante il quale un flusso di energia, fornito da un fascio laser o di elettroni o da un arco elettrico, fonde il materiale costituito da polvere metallica o un filo metallico nel momento in cui questo viene depositato da un apposito erogatore per costituire il pezzo.

Come precisato nel “Campo di applicazione”, oggetto della presente trattazione saranno esclusivamente le macchine che adottano i processi di cui al punto f) powder bed fusion/sintering.



Figura 1: Esempi di pezzi metallici realizzati con tecnologie additive

4.1 Caratteristiche tecniche del powder bed fusion/sintering

Il processo di powder bed fusion/sintering, utilizza un fascio di energia generato da un laser o da un fascio di elettroni che, a seconda dei parametri selezionati tra cui la potenza del flusso di energia e le caratteristiche chimico/fisiche del materiale lavorato, fonde/sinterizza la polvere di metallo per formare un oggetto solido tridimensionale.

I materiali più comunemente impiegati nelle macchine operanti con il principio del powder bed fusion/sintering sono:

- a. acciaio (da costruzione, speciale, inox);
- b. alluminio e sue leghe;
- c. leghe di cromo-cobalto;
- d. metalli preziosi (oro, argento);
- e. titanio e sue leghe;
- f. nichel e sue leghe;
- g. rame e sue leghe (ottone, bronzo).

Ulteriori materiali, quali tungsteno e molibdeno, iniziano a trovare applicazioni in questo settore.

Nelle figure 2 e 3 sono schematizzate le macchine powder bed fusion/sintering operanti rispettivamente con sorgente laser e a fascio di elettroni.

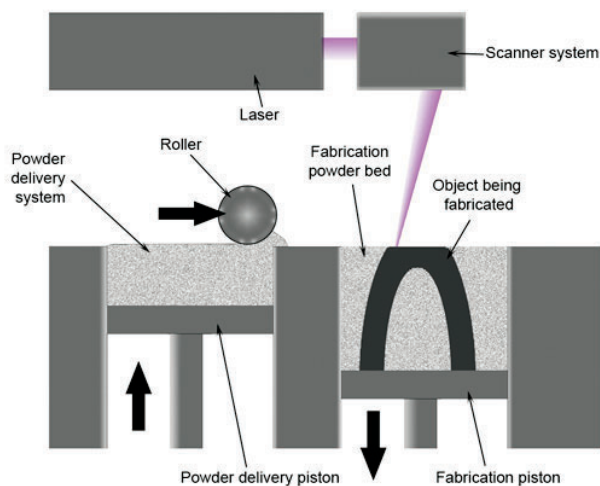


Figura 2: Schema di macchina powder bed fusion/sintering operante mediante laser⁴

⁴ By Materialgeeza - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4032088>

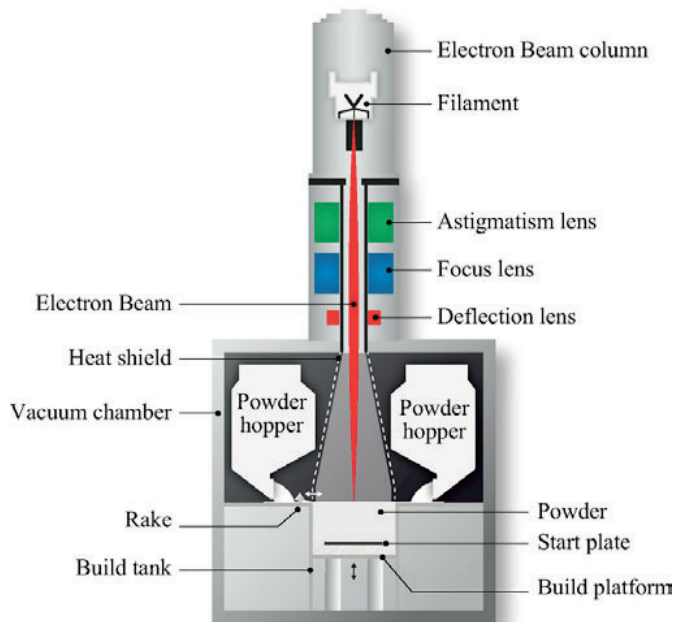


Figura 3: Schema di macchina operante mediante EBM⁵

A livello costruttivo, le macchine operanti per powder bed fusion/sintering hanno una configurazione caratterizzata dagli elementi base elencati, insieme al dettaglio delle relative funzioni/caratteristiche, nella tabella 1 di seguito riportata:

5 Legenda: Build platform = piattaforma di costruzione; Start plate = piastra; Build tank = Camera di lavoro; Powder = Polvere; Rake = Spatola; Powder hopper = Tramogge; Vacuum Chamber = Camera a vuoto; Heat Shield = Scudo termico; Electron beam = Fascio elettronico; Deflection lens = Lente di deflessione; Focus lens = Lente di focalizzazione; Astigmatism lens = Lente astigmatica; Filament = filamento; Electron beam column = struttura di supporto del sistema.

Tabella 1: Funzioni/caratteristiche degli elementi di una macchina additiva powder bed

Elemento	Funzione/caratteristiche
Struttura portante	Elemento che supporta e/o ospita i vari componenti della macchina.
Sistema di comando	Sistema che risponde ai segnali in arrivo derivanti da un'azione dell'operatore o dalla macchina e che genera i segnali in uscita corrispondenti verso gli attuatori della macchina.
Postazione di comando	Elemento che supporta i dispositivi di comando.
Sistemi per la gestione delle polveri in entrata	Comprende tramogge, serbatoi di stoccaggio e altri elementi che provvedono all'invio della polvere verso la vasca.
Vasca	Elemento che contiene la polvere che deve essere spinta verso la piastra per costituire il letto di polvere.
Piastra	Elemento, in genere mobile, che sostiene il pezzo in lavorazione.
Spatola o rullo (detto anche "racla" o "recoater" o "rake")	Elemento mobile e regolabile in altezza che crea strati uniformi di polvere.
Camera di lavoro	Volume all'interno del quale avviene la realizzazione del pezzo. In essa il processo può avvenire (per le macchine laser) in aria o in atmosfera controllata; nel caso delle macchine ad EBM ciò avviene solamente sotto vuoto.
Sorgente di energia	Le sorgenti di energia sono movimentate sui tre assi. La sorgente laser ha una potenza generalmente modulabile tra i 50W e i 200W. La sorgente EBM usa un fascio di elettroni con potenza modulabile fino a 3.0kW.
Impianti per gas inerti e vuoto	Sistema di condizionamento dell'atmosfera presente nella camera di lavoro che impiega azoto o argon o elio (per le macchine laser) o il vuoto (per le macchine EBM) per contenere la possibile ossidazione oppure altre contaminazioni del materiale soprattutto quando questo viene fuso.
Ripari fissi, mobili interbloccati e schermi	Mezzi di protezione delle zone pericolose del macchinario che devono avere, e mantenere nel tempo, anche mediante l'opportuna manutenzione, quelle caratteristiche che li rendono idonei alla loro funzione. Essi sono realizzati in modo tale da consentire l'accesso in sicurezza per le necessarie operazioni di pulizia, taratura, manutenzione, altro.
Sistema di gestione delle polveri in uscita	Sistema costituito dalla tramoggia di scarico e dall'eventuale elemento per il riciclo della polvere non contaminata con l'aria.

In figura 4 sono invece state riportate la vista di insieme, frontale e laterale, di una macchina powder bed fusion laser con evidenziati alcuni degli elementi sopra descritti.

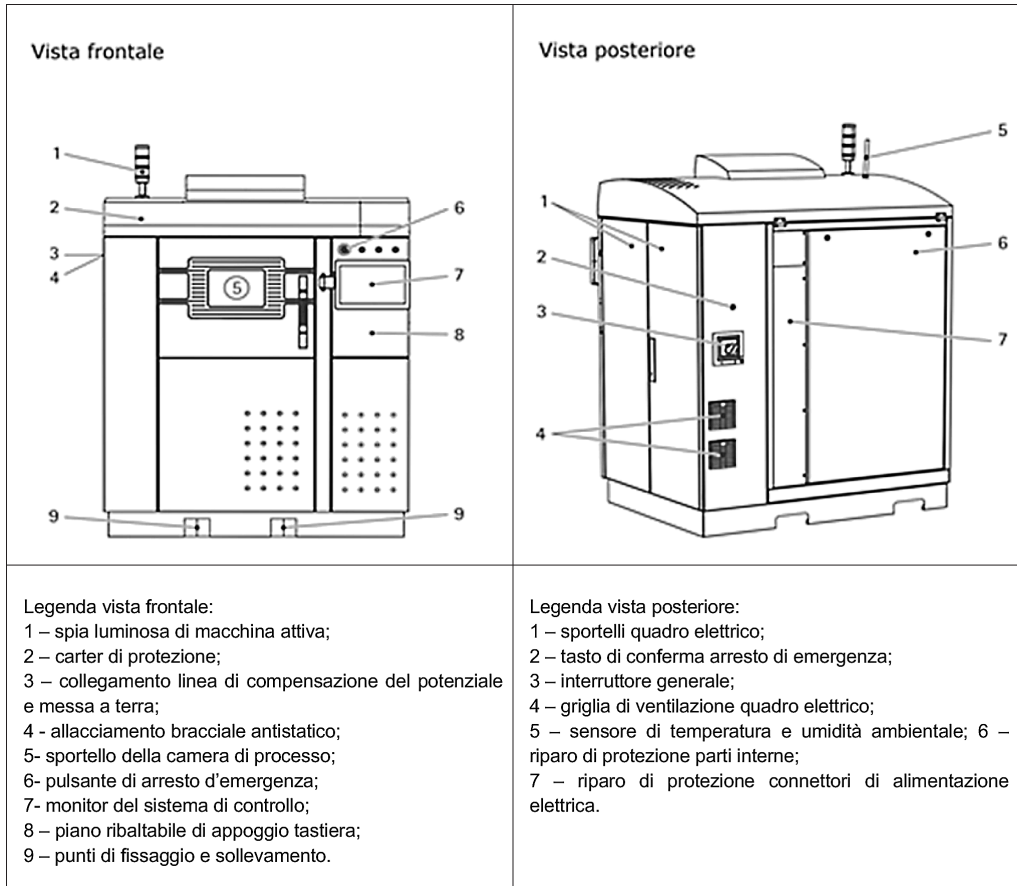


Figura 4: Vista di insieme, frontale e laterale, di una macchina powder bed fusion laser

4.2 Descrizione del processo per macchine powder bed fusion/sintering laser o EBM

Per poter iniziare il processo di lavorazione, la camera di lavoro viene chiusa ermeticamente, e depressurizzata (o messa sotto vuoto nelle macchine EBM), nonché isolata termicamente al fine di evitare le fluttuazioni di temperatura, nocive per il processo. Nelle macchine laser, la depressurizzazione è mantenuta generalmente da gas quali argon, azoto o elio durante il processo di lavorazione, al fine di evitare la contaminazione delle polveri e/o la formazione di ossidi superficiali consentendo ai materiali reattivi di essere processati.

Successivamente, sia per le macchine laser che a fascio di elettroni, la polvere viene rilasciata su una piastra per creare uno strato di circa 0,1 mm che viene reso uniforme dall'azione di una spatola o di un rullo. Questo strato viene colpito dal flusso di energia che fonde o sinterizza, in modo selettivo, parti del letto di polveri seguendo la geometria del primo layer imposta dal file. Il risultato sarà la formazione di un layer solido circondato da polveri. A questo punto il piano di lavoro si abbassa di una distanza pari allo spessore imposto, così da lasciare inalterata la quota del piano di lavoro, ed un nuovo strato di polvere viene depositato sul piano. Di nuovo il flusso di energia fonde o sinterizza in modo selettivo parte della polvere seguendo la geometria del secondo layer imposta dal file, mentre le polveri non coinvolte nel processo costituiscono il supporto per la realizzazione degli strati successivi dell'oggetto in produzione, fino al completamento del processo. Il processo è ripetuto strato dopo strato finché la costruzione dell'oggetto tridimensionale è completata. Al termine della lavorazione, l'oggetto viene rimosso e separato dalle polveri non fuse o sinterizzate che possono essere riutilizzate, in parte o totalmente, dopo opportuna setacciatura.

Le macchine in oggetto, sia laser sia a fascio di elettroni, lavorano in segregazione totale del processo e l'apertura del riparo è prevista per eseguire esclusivamente operazioni di pulizia delle polveri di metallo o inserimento delle polveri per la lavorazione, nonché per le operazioni di preparazione della lavorazione e di estrazione del pezzo (vedere figura 5). Potrebbe inoltre essere richiesta l'apertura del riparo per eseguire la regolazione del fascio laser o del dispositivo EBM e per effettuare attività di manutenzione straordinaria che comportano ad esempio la sostituzione di componenti.



Figura 5: Fase di estrazione di parti finite da una macchina powder bed fusion/sintering

5. Pericoli specifici

Di seguito saranno descritte le principali caratteristiche delle fonti di pericolo che possono essere presenti nelle realtà lavorative in cui sono utilizzate le macchine oggetto del presente documento e, laddove disponibili, saranno analizzati i principali riferimenti⁶ normativi utili ad individuare le misure tecnico-procedurali adottabili a fronte dei relativi rischi. Si ricorda che ad oggi non esiste ancora una norma armonizzata⁷ alla direttiva macchine per le macchine AM.

5.1 Elementi mobili

Il contatto di un operatore con elementi mobili della macchina può portare a schiacciamento, trascinamento, urto, abrasione, cesoiamento, etc... Il contatto può avvenire sia con elementi che partecipano alla trasmissione del moto (come il meccanismo per il sollevamento della piastra portapezzo) sia con elementi che partecipano alla lavorazione (come la racla). Vi è quindi la necessità di evitare un possibile contatto con i suddetti elementi mobili attraverso l'adozione di una specifica misura di protezione. La scelta del riparo e/o del dispositivo di protezione deve tener conto di diversi aspetti, tra cui la necessità di accedere più o meno frequentemente alla zona di pericolo, dell'ambiente in cui questo deve essere installato nonché del tempo di arresto della funzione pericolosa e della velocità di avvicinamento delle parti del corpo umano.

La norma EN ISO 13857 e la norma EN ISO 13855 costituiscono il principale riferimento rispettivamente per il calcolo delle distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori e per il posizionamento dei dispositivi di protezione in funzione delle velocità di avvicinamento di parti del corpo.

La figura 6 di seguito riportata, tratta della norma EN ISO 12100, fornisce una guida alla scelta dei ripari e/o dei dispositivi di protezione contro i pericoli generati dagli elementi mobili.

6 Si invita il lettore a verificare le versioni più recenti delle norme applicabili che sono state individuate e riportate, nella loro versione in vigore al momento della presente pubblicazione, nella bibliografia.

7 Si ricorda che l'eventuale adozione di una norma armonizzata fornisce presunzione di conformità ai soli requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute trattati nella norma.

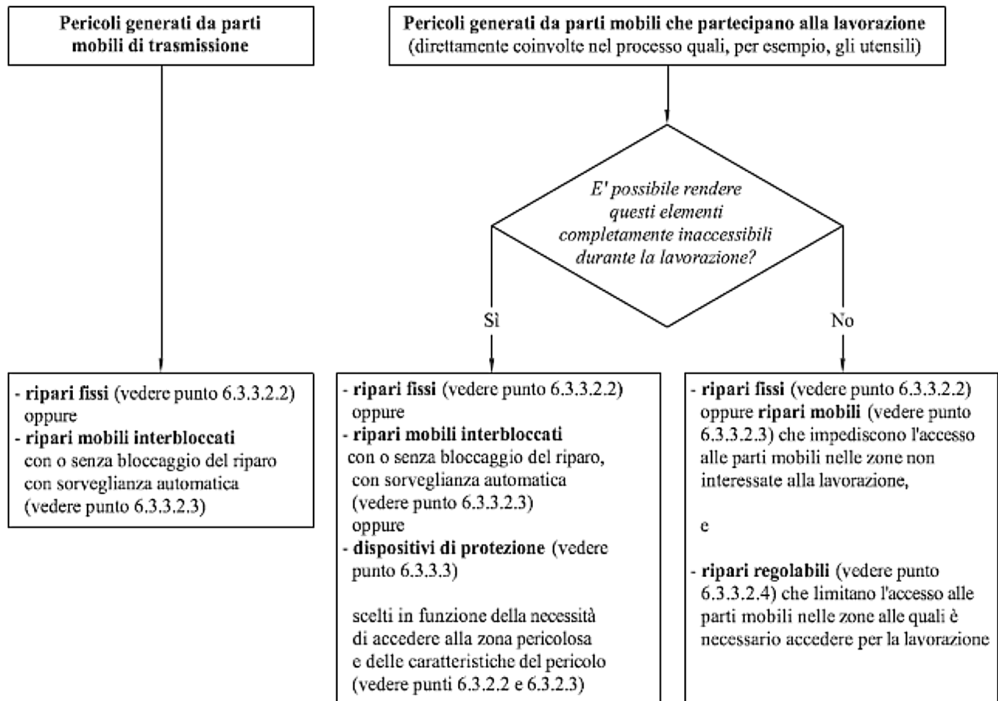


Figura 6: Linee guida per la scelta di mezzi di protezione contro pericoli generati da parti in movimento (tratta dalla fig. 4 della norma EN ISO 12100)

Si ricorda infine che i mezzi di protezione adottati contro i rischi meccanici possono essere realizzati in modo da proteggere l'operatore anche da altri rischi come ad esempio quelli correlati al contatto con parti calde e/o alla proiezione di materiali (es. polveri di metallo).

5.2 Caduta oggetti

La caduta di oggetti che può portare a schiacciamento, contusione, ecc. di parti del corpo può essere presente in varie fasi dell'utilizzo della macchina, tra cui:

- trasporto, inserimento ed estrazione della piastra su cui avviene la costruzione degli oggetti (vedasi figura 7a);
- trasporto, connessione e disconnessione alla macchina di contenitori per la raccolta di polvere di metallo (vedasi figura 7b);
- inserimento ed estrazione di filtri (vedasi figura 7c);
- trasporto, connessione e disconnessione di bombole di gas dalla macchina (vedasi figura 7d);

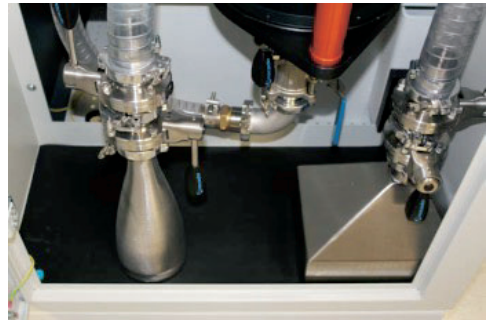
- e. rimozione, manipolazione e posizionamento di parti della macchina rimovibili per motivi di pulizia o sostituzione programmata.

In generale occorre assicurare una corretta presa e posizionamento dell'oggetto da movimentare e, laddove necessario, in relazione alle caratteristiche dell'elemento (dimensioni, peso, altro), prevedere l'adozione di mezzi di movimentazione adeguati.

L'automatizzazione delle fasi interessate dal pericolo in esame rappresenta una misura tecnica che può essere adottata efficacemente per l'eliminazione e/o la mitigazione degli eventuali rischi associati alla caduta di oggetti.



a) Piastra con oggetti costruiti al termine della lavorazione



b) Contenitori per la raccolta di polveri



c) Rimozione/collocamento di elemento filtrante



d) Fissaggio di bombola di gas alla parete

Figura 7: Oggetti da movimentare

5.3 Radiazioni e campi

5.3.1 Radiazioni ionizzanti

Le radiazioni ionizzanti comprendono le emissioni radioattive alfa, beta e gamma e i raggi x. L'esposizione alle radiazioni ionizzanti provoca un danno cellulare e può essere cancerogena.

Le macchine operanti con tecnologia a fascio di elettroni prevedono l'invio di elettroni ad alta energia su un bersaglio metallico e pertanto possono presentare un'emissione di raggi x. In particolare i raggi X sono quella porzione di spettro elettromagnetico, illustrato in figura 8, con lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 10^{-9} e 10^{-12} m.

Le misure di protezione adottabili consistono nell'impiego di schermi di contenimento, indicatori di erogazione raggi o sorgenti collocate fuori dal contenimento. Può essere adottata una strumentazione fissa per la rilevazione e la misurazione delle radiazioni come catene di conteggio, catene di misura spettrometriche e monitor per la radioattività degli ambienti di lavoro con la funzione di fornire, in particolare per questi ultimi:

- informazioni sul tipo di radiazione misurata;
- registrazione dei livelli misurati;
- segnale acustico di allarme al superamento dei prefissati valori di misura.

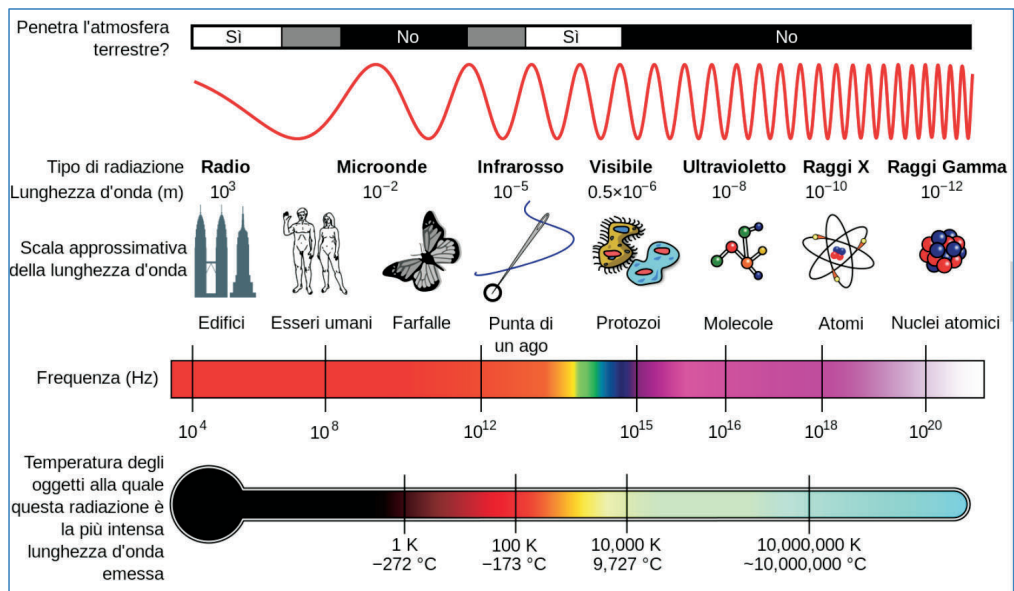


Figura 8: Lo spettro elettromagnetico⁸

8 Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Spettro_elettromagnetico

5.3.2 Radiazioni non ionizzanti

Fra le radiazioni non ionizzanti si annoverano le radiazioni magnetiche ed elettromagnetiche, nelle gamme di frequenza microonde e radio, e le radiazioni ottiche nelle gamme di frequenza dei raggi infrarossi, visibili e ultravioletti. Il d.lgs. 17/2010 prevede che i livelli di radiazioni non ionizzanti cui sono esposte le persone non debbano produrre effetti nocivi (es. vertigini, nausea e magnetofosfeni ovvero sensazioni visive di lampi di luce): l'esposizione a bassi livelli di taluni tipi di radiazioni non ionizzanti può essere innocua.

Le specifiche generali per la valutazione e la riduzione dei rischi generati da tutti i tipi di radiazioni non ionizzanti⁹ emesse dalle macchine sono fornite dalle norme EN 12198-1, EN 12198-2 e EN 12198-3. Qualora fossero comunque presenti dei rischi residui dovuti alla presenza di campi magnetici o di radiazioni non ionizzanti, dovranno essere fornite informazioni ed esposte avvertenze sotto forma di simboli o pittogrammi come quelli riportati a titolo esemplificativo in figura 9.



ATTENZIONE
CAMPO MAGNETICO



ATTENZIONE
RADIAZIONI NON IONIZZANTI

Figura 9: Esempi di cartelli di avvertimento per radiazioni e campi

Qualora i valori di radiazioni non ionizzanti possano interferire con il buon funzionamento di dispositivi elettromedicali questo dovrà essere segnalato con un pittogramma come quello indicato in figura 10.

⁹ Le sorgenti di radiazioni fissate a una macchina che sono utilizzate unicamente per l'illuminazione sono escluse dallo scopo e campo di applicazione della norma.



**DIVIETO DI ACCESSO
AI PORTATORI DI STIMOLATORI ELETTRICI
(PACE MAKER)**

Figura 10: Cartello divieto per zone con campi (elettro)magnetici

5.3.3 Radiazioni ottiche (laser)

I dispositivi laser incorporati nelle macchine in oggetto sono sorgenti di radiazioni ottiche coerenti in quanto emettono un fascio di luce di un'unica lunghezza d'onda, direzionali e di elevata intensità. Il rischio che comporta l'esposizione al laser dipende dalla lunghezza d'onda e dall'intensità della radiazione. L'esposizione alle radiazioni laser può causare lesioni e ustioni oculari o all'epidermide.

La norma IEC 60825-1 classifica gli apparecchi laser in classi (come illustrato in figura 11) e definisce, per ciascuna classe, il livello massimo di emissione accessibile (LEA) permesso¹⁰. Detta norma fissa le principali misure di tutela per l'installazione e l'impiego dei dispositivi laser e richiede, in funzione della classe dell'apparecchio laser, specifiche misure di prevenzione la cui opportunità deve essere valutata nel contesto specifico.

La principale misura di prevenzione e protezione per le macchine oggetto del presente documento, che operano il processo con camera di lavoro chiusa e schermata, consiste nello spegnimento della sorgente laser qualora si effettuino regolazioni e/o manutenzioni sulla sorgente laser e sulla catena ottica. Dispositivi Laser con emissioni superiori alla Massima Esposizione Permissa (MEP)¹¹ sono di classe 1 se chiusi in un alloggiamento non accessibile.

10 Attraverso lo studio della soglia di danneggiamento per l'occhio e la cute in funzione della lunghezza d'onda e della durata dell'esposizione alla radiazione laser, sono stati dedotti i criteri che, in base alla lunghezza d'onda e al LEA, cioè alla potenza accessibile da parte dell'operatore, collocano un laser in una certa classe di pericolosità.

11 MEP è il livello della radiazione laser a cui, in condizioni ordinarie, possono essere esposte le persone senza subire effetti dannosi. I livelli MEP rappresentano il livello massimo al quale l'occhio o la pelle possono essere esposti senza subire un danno a breve o a lungo termine. Il MEP da cui normalmente si ricava il LEA delle diverse classi di laser è stato ricavato dalle "Linee guida sui limiti di esposizione alla radiazione laser di lunghezza d'onda compresa tra 180 nm e 1 mm." redatte dalla Commissione Internazionale sulla Protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP).

Si ricorda che, qualora di scelga di installare un opportuno dispositivo di interblocco associato al riparo¹² che interrompa il raggio laser all'apertura dello schermo/riparo, questo debba essere scelto in modo da non essere facilmente neutralizzato ed in modo da resistere alle condizioni ambientali a cui è esposto. La norma EN ISO 11553-1 descrive i pericoli che caratterizzano le macchine che utilizzano laser per il loro processo e specificano i requisiti di sicurezza relativi ai pericoli dovuti a radiazioni e a quelli generati dai materiali e dalle sostanze quali ad esempio incendio o esplosione. Questa norma fornisce indicazioni riguardanti le misure di sicurezza adottabili per le macchine equipaggiate con laser, dettagliandole anche in funzione del locale in cui la macchina è installata ovvero:

- a. Locale con accesso controllato,
- b. Locale ad accesso ristretto,
- c. Locale con accesso né controllato né ristretto.

Classe	descrizione e avvertenza	lunghezza d'onda
1	La radiazione laser accessibile non è pericolosa. Laser con emissioni superiori alla MEP sono di classe 1 se chiusi in un alloggiamento non accessibile.	Da 180 nm a 1 mm.
1M	La radiazione laser accessibile è innocua nelle normali condizioni d'uso fino a quando non vi sono strumenti ottici come lenti di ingrandimento o binocoli che possono concentrare l'energia sulla cornea. Non guardar il fascio direttamente con strumenti ottici.	Da 302,5 nm a 4 000 nm
2	La radiazione laser accessibile nello spettro visibile. È innocua per l'occhio considerando anche che la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale (circa 0,25s) anche se si utilizzano dispositivi ottici di osservazione. Non fissare il fascio.	Da 400 nm a 700 nm
2M	Come la classe 2, la visione del fascio può essere più pericolosa se l'operatore impiega ottiche di osservazione all'interno del fascio. Non fissare il fascio o guardarlo direttamente con strumenti ottici.	Da 400 nm a 700 nm
3R	La radiazione laser accessibile è potenzialmente pericolosa, il LEA è inferiore a cinque volte il LEA di Classe 2 nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm, ed inferiore a cinque volte il LEA di Classe 1 per le altre lunghezze d'onda. Evitare la diretta esposizione degli occhi.	Da 180 nm a 1 mm
3B	La radiazione laser accessibile è normalmente pericolosa per gli occhi se direttamente esposti a distanza inferiore alla DNRO e in casi particolari anche per la pelle. L'esposizione a luce diffusa o dispersa da riflessioni è di solito sicura. Evitare l'esposizione al fascio.	Da 180 nm a 1 mm
4	La radiazione laser accessibile è molto pericolosa per gli occhi e pericolosa per la pelle. Anche radiazione diffusa può essere pericolosa. Quando si utilizza questo raggio laser si possono provocare incendi o esplosioni. Evitare di esporre occhi o pelle alla radiazione diretta o diffusa.	Da 180 nm a 1 mm

Figura 11: Classi di rischio delle sorgenti laser secondo la norma IEC 60825-1

La norma EN 12254 specifica i requisiti funzionali e l'etichettatura di prodotto applicabile a ripari (schermi) temporanei e permanenti, destinate alla protezione contro le radiazioni laser. In figura 12 è riportato un esempio di marcatura di uno schermo di protezione contro le radiazioni laser proposto da detta norma.

¹² Per ulteriori approfondimenti vedasi anche il documento "Il defeating di un dispositivo di interblocco associato ai ripari. Norma EN ISO 14119:2013. Caso studio" ed. Inail 2016.

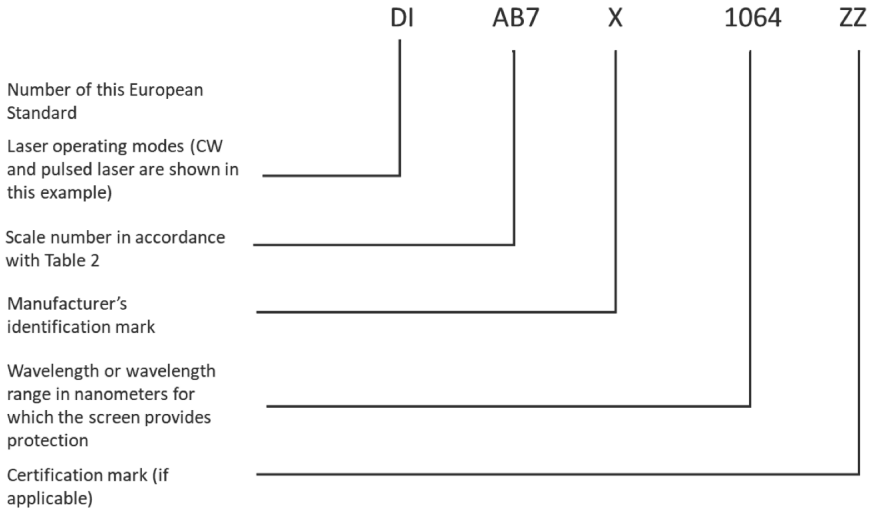


Figura 12: Esempio di marcatura di schermi di protezione contro le radiazioni laser (tratto dalla Figura 1 della norma EN 12254)

Qualora fossero comunque presenti dei rischi residui dovuti alla presenza di radiazione laser, dovranno essere esposte informazioni e avvertenze sotto forma di simboli o pittogrammi come quello riportato esemplificativamente in figura 13.

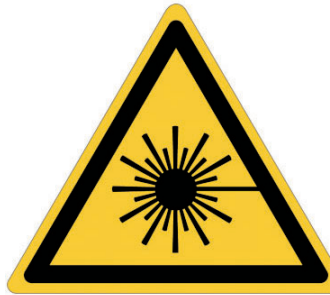


Figura 13: Avvertimento di pericolo "radiazione laser"

5.4 Superfici e materiali caldi

È possibile riscontrare parti della macchina a temperatura elevata immediatamente dopo la conclusione del processo costruttivo, durante il processo stesso e durante la fase di raffreddamento: i pezzi e la piattaforma modulare raggiungono

temperature elevate tali da poter cagionare un danno in caso di contatto intenzionale (o meno).

La norma EN ISO 13732-1 "Ergonomia degli ambienti termici. Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici. Parte 1: Superfici calde" fornisce i valori limite della temperatura al di là dei quali si possono avere ustioni quando la pelle umana è a contatto con superfici solide calde. Questa norma descrive anche i metodi per la valutazione dei rischi di ustione quando le persone possono toccare una superficie calda avendo la pelle non protetta. A titolo esemplificativo si riporta in figura 14 il grafico che traccia la soglia di ustione derivante dal contatto con una superficie calda, liscia e fatta di materiale metallico non rivestito.

Nel caso in cui la temperatura di superficie e la durata del contatto siano tali da ricadere nell'area tra l'assenza di ustione (1) e l'ustione (3), rimane un certo grado di variabilità sui potenziali danni arrecati a seconda della vicinanza al limite superiore o inferiore della stessa. Qualora le misure progettuali (es. scelta di altre tipologie di materiali e di finitura superficiale, aumento della distanza, etc...) non fossero sufficienti a eliminare/ridurre il rischio di ustione, la norma suggerisce alcune misure organizzative ulteriori quali ad esempio l'impiego di segnali visivi di allarme nonché l'impiego di dispositivi di protezione individuali vestiti e guanti e suggerisce l'apposizione sulla macchina del segnale di avvertimento come quello riportato in figura 15.

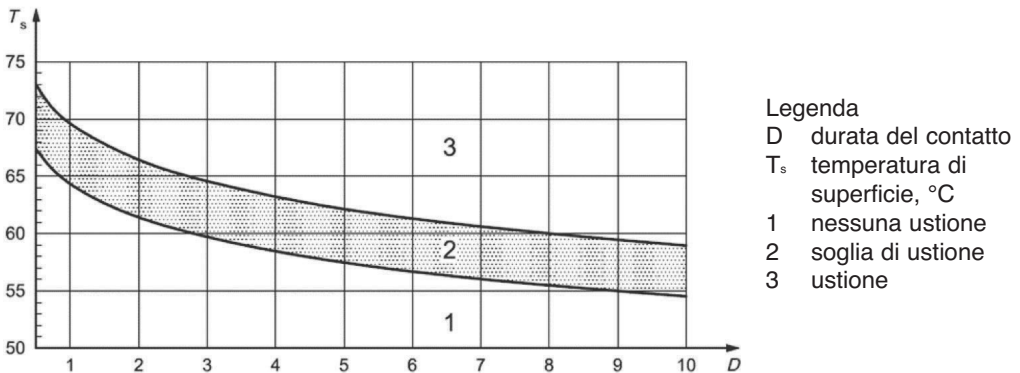


Figura 14: Soglia di ustione quando la pelle è in contatto con una superficie calda, liscia e fatta di materiale metallico non rivestito



Figura 15: Avvertimento di pericolo dovuto a parti con elevata temperatura

5.5 Incendio e esplosione

I materiali utilizzati nei processi di fusione/sinterizzazione di metalli possono comportare la presenza di polveri con caratteristiche granulometriche e/o proprietà chimico-fisiche tali per cui potrebbe verificarsi un incendio e/o innescarsi un'esplosione.

La norma EN ISO 19353 specifica i principi di base e la metodologia relativa alle misure tecniche per la prevenzione e la protezione dal fuoco, da adottare durante la progettazione e la costruzione del macchinario. Queste misure tecniche consistono essenzialmente nell'eliminazione del pericolo a partire dalle fonti: combustibile, comburente e fonte di ignizione. Qualora inoltre si adotti un sistema integrato di rilevamento ed estinzione, risulta di fondamentale importanza la valutazione del rischio relativo all'accessibilità degli operatori all'interno dell'area di lavoro: se questa non può essere esclusa, il sistema di estinzione deve essere disattivato in modo sicuro prima che le porte si aprano e quest'ultime devono rimanere bloccate, qualora si sia verificato un evento di soppressione incendio, fino al completo ripristino della condizione di sicurezza dell'impianto. Solo dopo aver completato positivamente il controllo del sistema macchina, ed aver reso inattivo il sistema di antincendio, la logica di controllo deve consentire di aprire la porta di accesso all'area di lavoro della macchina stessa.

Particolare attenzione deve essere rivolta alle polveri contenenti titanio o alluminio che, oltre ad essere facilmente infiammabili (polveri come quelle di alluminio al contatto con l'acqua possono generare degli incendi), se hanno una granulometria

molto fine (indicativamente $< 45 \mu\text{m}$), in presenza di ossigeno atmosferico e di adeguato innesco sono anche in grado di generare esplosioni violente. Nelle macchine in oggetto, il principale pericolo di esplosione risulta appunto legato alla generazione di un'atmosfera esplosiva. Si ricorda che, come indicato dalla norma EN 1127-1 la formazione di un'atmosfera esplosiva pericolosa dipende dai fattori seguenti:

- a. la presenza di una sostanza infiammabile in una concentrazione compresa tra il limite inferiore e superiore di infiammabilità;
- b. il grado di dispersione della sostanza infiammabile (per esempio gas, vapori, nebbie, polveri);
- c. la concentrazione della sostanza infiammabile nell'aria all'interno del campo di esplosione;
- d. la quantità di atmosfera esplosiva sufficiente per produrre lesioni o danni per accensione;
- e. l'esistenza di sorgenti di accensione efficaci (in funzione della MIE - Minimum Ignition Energy propria della sostanza infiammabile).

Se è impossibile stimare la probabilità di formazione di un'atmosfera esplosiva pericolosa, si deve supporre che detta atmosfera sia sempre presente, salvo quando è installato un dispositivo affidabile di monitoraggio della concentrazione della sostanza infiammabile nell'atmosfera.

La norma fornisce inoltre una guida all'individuazione delle possibili fonti di innesco tra le 13 fonti di ignizione di seguito riportate:

1. superfici calde,
2. fiamme e gas caldi,
3. scintille di origine meccanica,
4. componenti e attrezzature elettriche,
5. correnti elettriche vaganti, protezione contro la corrosione catodica,
6. elettricità statica,
7. fulmine,
8. onde elettromagnetiche a radio frequenza compresa tra 10^4 Hz e $3 \times 10^{11} \text{ Hz}$,
9. onde elettromagnetiche da $3 \times 10^{11} \text{ Hz}$ a $3 \times 10^{15} \text{ Hz}$,
10. radiazioni ionizzanti,
11. ultrasuoni,
12. compressione adiabatica, onde d'urto,
13. reazioni esotermiche, inclusa l'auto ignizione delle polveri.

Alcune possibili misure tecniche adottabili sono una progettazione resistente alle esplosioni, la dotazione di dispositivi di scarico delle esplosioni (sfiatatoi), la dotazione di sistemi o dispositivi automatici di rilevamento e soppressione delle esplosioni per evitare la propagazione delle fiamme e dell'esplosione.

Si evidenzia inoltre che l'adozione di corrette procedure di manipolazione vanno sempre impiegate in presenza di polveri reattive, al fine di eliminare sorgenti di innesco e/o contatto con l'ossigeno. In particolare l'energia statica, trattata speci-

ficatamente nel paragrafo 5.6, può generare delle scariche che comportano la presenza della sorgente di ignizione.

Procedure che prevedono la lavorazione e il confezionamento in atmosfera inerte, il ricorso a pavimentazione e/o dispositivi di protezione individuali quali le calzature antistatiche, l'uso di eventuali attrezzature di lavoro conformi alla direttiva Atex, ecc. possono essere adottate al fine di eliminare la presenza di sorgenti di innesco.

5.6 Elettricità statica

L'elettricità statica è l'accumulo localizzato di cariche elettriche su un materiale. Qualora si generi una distribuzione di cariche, dovuta ad esempio al materiale o al suo movimento, tale per cui il potenziale elettrostatico sia sufficientemente elevato, potrebbe insorgere una scarica disruptiva. L'energia di questa scarica potrebbe innescare un'esplosione in presenza delle condizioni dettagliate al paragrafo 5.5. È importante eliminare la presenza di elettricità statica durante l'utilizzo e lo stoccaggio delle polveri metalliche nonché di pulizia del pezzo lavorato.

Ulteriori misure di protezione dalle scariche elettrostatiche adottabili possono consistere in pavimenti o in tappeti antistatici (figura 16), anche coadiuvati da calzature antistatiche e da braccialetti antistatici collegati alla macchina.



Figura 16: Tappeto antistatico

5.7 Polveri a gas

Nei processi oggetto del presente documento sono impiegate sostanze, quali polveri e gas, che introducono dei pericoli dovuti alle loro proprietà intrinseche di poter produrre effetti negativi (danni) sulla salute o sulla sicurezza dell'uomo o dell'ambiente. Le sostanze dovranno essere trattate in considerazione delle relative caratteristiche di pericolosità, secondo le indicazioni della direttiva REACH (Regolamento CE n. 1907/2006).

Laddove non sia possibile evitare o ridurre sufficientemente l'emissione di sostanze pericolose, la macchina deve essere dotata delle attrezzature necessarie per captare, aspirare o precipitare le materie o sostanze pericolose al fine di proteggere le persone dall'esposizione. Qualora le sostanze pericolose siano combustibili o possano formare una miscela esplosiva con l'aria, andranno adottate precauzioni per evitare il rischio di incendio o di esplosione durante la captazione o l'aspirazione. Può essere necessario dover mantenere l'alimentazione per l'aspirazione di sostanze pericolose anche in caso di isolamento delle fonti di energia.

Le istruzioni fornite dal fabbricante della macchina devono contenere le informazioni riguardanti l'attrezzatura installata per captare o aspirare le sostanze pericolose e per mantenere la macchina in buone condizioni di funzionamento.

5.7.1 Le polveri

Le polveri tipicamente utilizzate per le lavorazioni sulle macchine in oggetto hanno granulometrie medie tipicamente comprese tra 15 µm e 45 µm e, se aerodisperse, potrebbero essere inalate dagli operatori durante la fase di carico in macchina, durante la rimozione dei pezzi finiti e nelle fasi di manutenzione e pulizia della macchina stessa. Ad oggi non si è a conoscenza di una provata correlazione tra l'inalazione o l'assorbimento cutaneo di micro polveri costituite dai materiali tipicamente usati nelle tecnologie in analisi e l'insorgenza di malattie. In generale, è consigliabile evitare il contatto diretto delle polveri con la cute e/o le vie respiratorie, adottando anche delle misure di protezione ed opportuni dispositivi di protezione individuali (vedi paragrafo 7.2.1).

Le misure di protezione adottate devono tenere conto anche della scheda di sicurezza (SDS) delle polveri trattate.

La gestione delle polveri può essere suddivisa in 4 fasi, per ciascuna delle quali si sono messe in evidenza le principali misure di eliminazione e/o mitigazione dei rischi.

1. Stoccaggio

Le polveri metalliche, in particolare quelle infiammabili come l'alluminio, devono essere stoccate in un locale e in contenitori (figura 17) le cui condizioni di temperatura, umidità, ventilazione, chiusura ed etichettatura soddisfino i requisiti richiesti nella scheda di sicurezza del fornitore delle polveri.



Figura 17: Informazioni di pericolo su contenitore polveri per tecnologia additiva

2. Caricamento della polvere in macchina

Le operazioni di caricamento della polvere all'interno della macchina possono essere eseguite manualmente oppure attraverso accessori (tipo "imbuto") che facilitino il passaggio della polvere dal contenitore alla camera di lavoro della macchina. Può essere valutata l'esigenza di dotare le macchine in oggetto di un'apparecchiatura idonea per movimentare le polveri, al fine di evitare il rischio di formazione di atmosfere esplosive legato alla presenza di polveri aerodisperse.

3. Rimozione della polvere e/o del condensato dalla macchina (compresa aspirazione e trasporto)

Le operazioni di rimozione della polvere e/o del condensato prima della rimozione del pezzo dalla camera di lavoro generalmente sono eseguite mediante dispositivi di aspirazione, talvolta guidati manualmente, o anche mediante attrezzature quali spazzole. Queste attività avvengono in camera di lavoro in atmosfera aperta, con conseguenti rischi correlati all'eventuale presenza di materiali reattivi.

Il condensato è una sostanza di natura eterogenea, che può depositarsi sulle pareti della camera di lavoro e sulle ottiche delle macchine additive operanti per sinte-rizzazione/fusione di polveri metalliche e derivante dai vapori e dalle particelle che si originano dallo spot caldo che caratterizza il processo stesso. In figura 18 è illustrata l'operazione di rimozione della polvere da un pezzo realizzato con tecnologia additiva mediante aspirazione, in camera chiusa.

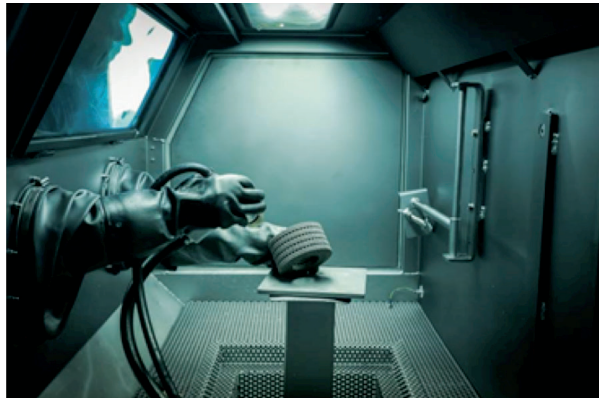


Figura 18: Operazione di rimozione della polvere da un pezzo realizzato con tecnologia additiva

4. Setacciatura delle polveri

Questa fase viene eseguita con macchine specifiche (vedi figura 19) per l'eliminazione delle impurità o di elementi con granulometria non idonea al riutilizzo delle polveri in una successiva lavorazione. Per la setacciatura va svolta un'opportuna analisi del rischio, in modo da individuare i pericoli connessi con la manipolazione delle polveri e i rischi correlati, in maniera analoga a quanto avviene con le macchine per powder bed fusion/sintering.

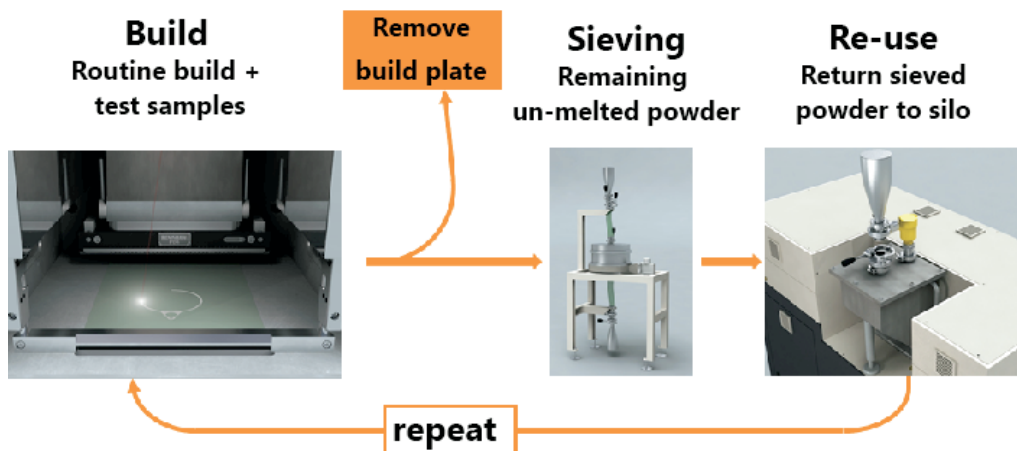


Figura 19: Ciclo di setacciatura e riutilizzo delle polveri

5.7.2 Gas inerti

Un'altra fonte di pericolo in questa tipologia di macchine è costituita dall'accumulo di gas inerti negli ambienti di lavoro: tipicamente gli impianti per la fusione laser a letto di polvere di metallo utilizzano gas inerti (solitamente argon o azoto) per proteggere la polvere da ossidazione o combustione durante il processo fusorio. Tali gas sono incolori, inodori e inerti e possono rapidamente causare asfissia, andando a sostituirsi all'ossigeno atmosferico, creando una atmosfera sotto-ossigenata. Alcune soluzioni tecniche adottabili possono consistere in:

- a. sensori di presenza di gas pericolosi attorno della macchina;
- b. sensori di monitoraggio ossigeno (vedasi figura 20) durante la fase produttiva in quanto la presenza di ossigeno nella camera di lavoro potrebbe essere indice di perdite di gas inerte ed è necessario interrompere la lavorazione e i flussi di gas;
- c. impianti di evacuazione dei gas inerti;
- d. sistemi di ventilazione forzata con retroazione azionata dai sensori di ossigeno.



Figura 20: Sensore di livello ossigeno per ambienti dove si usano gas inerti

6. Obblighi del fabbricante

Per quanto attiene alla sicurezza del macchinario e ai fini dell'immissione sul mercato¹³ e/o messa in servizio¹⁴, il fabbricante della macchina deve adempiere agli obblighi prescritti dal d.lgs. 17/2010¹⁵ - decreto di attuazione della 2006/42/CE detta direttiva macchine - e da altre direttive eventualmente applicabili.

Si evidenzia che la direttiva macchine prevede che il fabbricante o il suo mandatario, prima di immettere sul mercato ovvero mettere in servizio una macchina, si accerti che la stessa soddisfi i pertinenti requisiti essenziali di sicurezza e salute, si accerti che il fascicolo tecnico sia disponibile e fornisca in particolare le informazioni necessarie, quali ad esempio le istruzioni, espleti le appropriate procedure di valutazione della conformità e quindi rediga la dichiarazione CE di conformità e apponga la marcatura "CE".

6.1 La valutazione dei rischi

La norma EN ISO 12100, armonizzata alla direttiva macchine, fornisce una metodologia per il raggiungimento della sicurezza nella progettazione della macchina e in particolare fornisce i principi di valutazione e riduzione del rischio a cui il progettista può fare riferimento. In figura 21 è stato riportato lo schema del processo di riduzione del rischio da cui emergono le tre fasi di adozione delle misure di protezione adottate dal progettista e la mitigazione del rischio residuo derivante dall'adozione delle misure di protezione a cura dell'utilizzatore. Tra queste ultime si evidenziano le procedure di lavoro sicuro, l'uso di DPI e la formazione.

In pratica il progettista deve compiere le seguenti azioni secondo l'ordine riportato:

- 1) determinare i limiti del macchinario considerando l'uso previsto e qualsiasi uso scorretto ragionevolmente prevedibile dello stesso;
- 2) identificare i pericoli e le situazioni pericolose associate;
- 3) stimare il rischio per ogni pericolo e situazione pericolosa identificati;
- 4) ponderare il rischio e prendere decisioni sulla necessità di riduzione del rischio;
- 5) eliminare il pericolo o ridurre il rischio associato al pericolo per mezzo di misure di protezione.

¹³ Immissione sul mercato: prima messa a disposizione, all'interno della Comunità Europea, a titolo oneroso o gratuito, di una macchina a fini di distribuzione o di utilizzazione.

¹⁴ Messa in servizio: primo utilizzo, conforme alla destinazione della macchina, all'interno della Comunità Europea.

¹⁵ Il d.lgs. 17/2010 è stato pubblicato in GU Serie Generale n.41 del 19-02-2010 - Suppl. Ordinario n. 36.

La valutazione del rischio è seguita, laddove valutato necessario, dalla riduzione del rischio con un processo che può essere reiterato per eliminare il più possibile i pericoli alla fonte in fase di progetto e ridurre i rischi comunque presenti mediante l'implementazione di misure di protezione preferendo quelle che possono essere integrate nella fase di progettazione stessa.

L'obiettivo è quello di raggiungere la maggiore riduzione del rischio possibile considerando i seguenti fattori:

- a. la sicurezza della macchina durante tutte le fasi del suo ciclo di vita;
- b. la capacità della stessa macchina di svolgere la sua funzione;
- c. l'usabilità della macchina;
- d. i costi di fabbricazione, esercizio e smaltimento.

Si ricorda che le istruzioni per l'uso fornite dal fabbricante fanno parte integrante del processo di riduzione del rischio che deve essere eseguito per immettere sul mercato la macchina conformemente alla legislazione vigente, come dettagliato nel paragrafo 6.2.3.

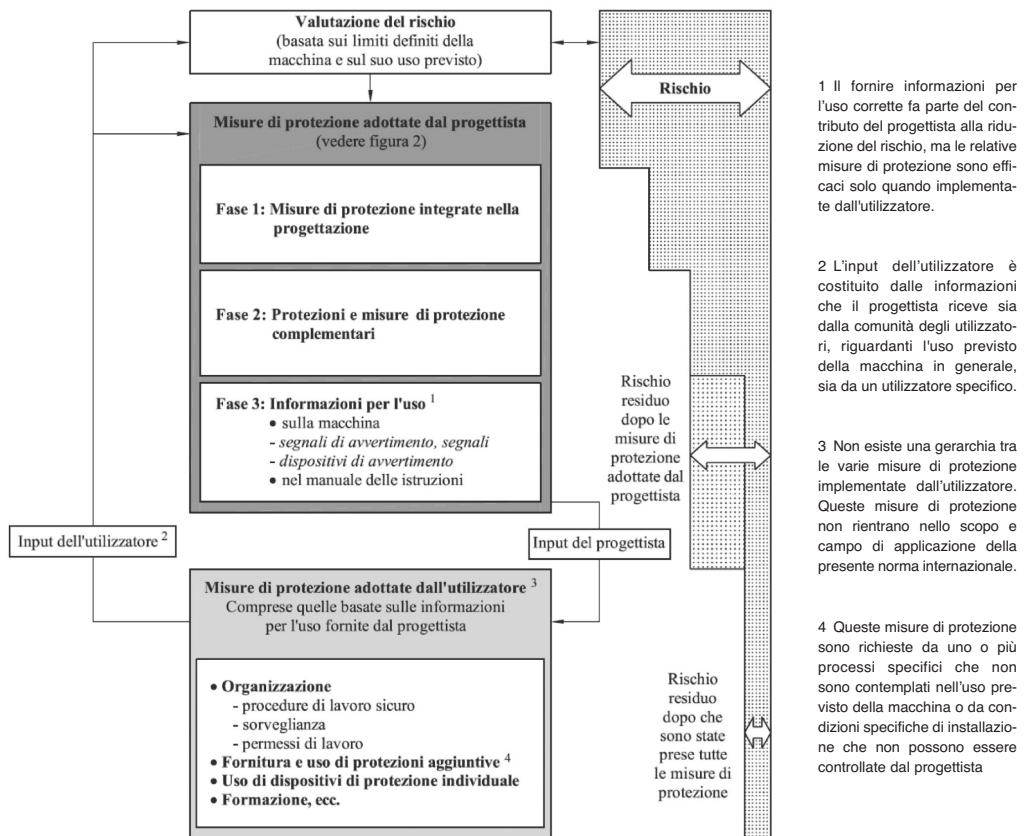


Figura 21: Processo di riduzione del rischio dal punto di vista del progettista (tratta dalla fig. 2 della norma EN ISO 12100)

6.2 L'immissione sul mercato

6.2.1 La dichiarazione CE di conformità

La dichiarazione CE di conformità deve contenere le indicazioni definite nell'Allegato II, parte 1 sezione A del d.lgs.17/2010. La dichiarazione CE di conformità deve contenere anche il riferimento a tutte le altre direttive di prodotto eventualmente applicabili¹⁶ (compatibilità elettromagnetica, apparecchiature radio, ecc.), ad eccezione della direttiva 2014/35/UE "Bassa Tensione" in quanto il rischio elettrico è già contemplato dalla direttiva macchine stessa (pur applicandosi sempre, la direttiva bassa tensione, ai singoli componenti elettrici immessi sul mercato separatamente). Anche i rischi di esplosione causati dalla macchina o che insorgono al suo interno o dovuti a gas, polveri o altre sostanze prodotte o impiegate dalla macchina sono oggetto della direttiva macchine.

La direttiva ATEX altresì si applica, per il pericolo di esplosione, alle macchine destinate all'utilizzo in atmosfera potenzialmente esplosiva. Solo in tal caso la dichiarazione CE di conformità dovrà contenere il riferimento alla direttiva 2014/34/UE, attuata in Italia con il d.lgs. 85/2016.

6.2.2 La marcatura

La marcatura della macchina deve riportare:¹⁷

- a. ragione sociale e indirizzo completo del fabbricante e, se del caso, del suo mandatario;
- b. designazione della serie o del tipo;
- c. marcatura CE (vedere allegato III del d.lgs. 17/10 e figura 22)
- c. eventualmente, numero di serie;
- d. anno di costruzione, cioè l'anno in cui si è concluso il processo di fabbricazione.

¹⁶ Commento §89 alla direttiva 2006/42/CE "Qualora, oltre alla direttiva macchine, siano applicabili alle macchine una o più altre direttive che prescrivono una dichiarazione CE di conformità, il fabbricante può stilare una singola dichiarazione CE di conformità per tutte le relative direttive, purché la dichiarazione contenga tutte le informazioni che ciascuna di queste richiede. Tuttavia, non sempre ciò è possibile, in quanto talune direttive richiedono un particolare formato per la dichiarazione di conformità. Ad ogni modo, la dichiarazione CE di conformità della macchina deve includere una dichiarazione attestante che la macchina è conforme alle altre direttive applicabili - cfr. §383: commenti sull'allegato II, parte 1, sezione A, punto 4."

¹⁷ Punto 1.7.3. Allegato I del d.lgs. 17/2010.

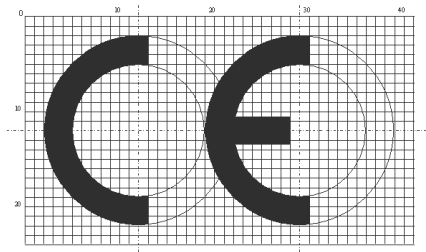


Figura 22: Marcatura CE

Inoltre, se la macchina è progettata e costruita per l'utilizzo in atmosfera esplosiva, deve recare anche il marchio specifico di protezione dalle esplosioni (vedere figura 23) che è seguito dal simbolo del gruppo (II¹⁸ per il caso in esame) e dal simbolo della categoria dell'attrezzatura¹⁹ (per il gruppo II: 1, 2 e 3) e, ove applicabile, da altre marcature e informazioni di cui al punto 1.0.5 all'allegato II della direttiva ATEX, quali ad esempio, per il gruppo di apparecchi II,

- la lettera «G» relativa alle atmosfere esplosive dovute alla presenza di gas, di vapori o di nebbie, e/o
- la lettera «D» relativa alle atmosfere esplosive dovute alla presenza di polveri.



Figura 23: Esempio di marcatura ATEX

6.2.3 Le istruzioni

Le istruzioni della macchina devono contenere tutte le indicazioni necessarie per il suo uso in sicurezza, con riferimento a tutte le fasi della sua vita utile tra cui il trasporto, l'installazione/montaggio (se non eseguiti direttamente dal fabbricante),

¹⁸ "Gruppo di apparecchi II": apparecchi destinati a essere utilizzati in altri siti passibili di essere messi in pericolo da atmosfere esplosive, comprendenti apparecchi appartenenti alle categorie 1, 2 e 3 di cui all'allegato I (definizione tratta dall'art. 2 della direttiva 2014/34/UE).

¹⁹ "Categoria di apparecchi": la classificazione di apparecchi, in ogni gruppo di apparecchi, specificata all'allegato I, che determina il livello di protezione richiesto (definizione tratta dall'art. 2 della direttiva 2014/34/UE).

l'utilizzo, la manutenzione, i controlli, la regolazione, la pulizia e lo smontaggio. Le istruzioni devono essere redatte in una o più lingue ufficiali della Comunità Europea. Il fabbricante (o il suo mandatario) si assume la responsabilità di tali istruzioni, apponendovi la dicitura «Istruzioni originali».

Qualora non esistano «Istruzioni originali» nella o nelle lingue ufficiali del paese di utilizzo della macchina, il fabbricante (o il suo mandatario o chi immette la macchina nella zona linguistica in questione) deve fornire la traduzione nella o nelle lingue di tale zona. Tali traduzioni devono recare la dicitura «Traduzione delle istruzioni originali».

Il contenuto delle istruzioni *non deve riguardare soltanto l'uso previsto della macchina, ma deve contenere delle avvertenze in merito all'uso scorretto prevedibile*. Le istruzioni devono comprendere un'indicazione precisa degli scopi cui è destinata la macchina. La descrizione dell'uso previsto della macchina deve specificare i limiti sulle condizioni d'uso considerate nella valutazione dei rischi del fabbricante, deve comprendere tutti i diversi modi di funzionamento e fasi d'uso della macchina e specificare i valori di sicurezza per i parametri da cui dipende la sicurezza d'utilizzo della macchina. Tali parametri possono comprendere, ad esempio le dimensioni massime dei pezzi, il tipo di materiali che possono essere lavorati in sicurezza dalla macchina.

Le istruzioni inoltre devono contenere:

- le avvertenze concernenti i modi nei quali la macchina non deve essere usata e che potrebbero, in base all'esperienza, presentarsi;
- le informazioni in merito ai rischi residui che permangono nonostante siano state adottate sia le misure di protezione integrate nella progettazione della macchina e sia le misure di protezione complementari. Ad esempio la presenza di radiazioni non ionizzanti che potrebbero nuocere alle persone, in particolare, se portatrici di dispositivi medici impiantabili attivi o non attivi;
- le caratteristiche essenziali degli utensili che possono essere montati sulla macchina quali, ad esempio, la racla e anche le specifiche dei pezzi di ricambio (quali ad esempio i filtri) da utilizzare, specie se incidono sulla salute e la sicurezza degli operatori;
- le istruzioni per la messa in servizio e l'uso della macchina e, se necessario, le istruzioni per la formazione degli operatori.

Devono essere fornite anche le indicazioni complete riguardanti il tipo di macchina, nonché le indicazioni indispensabili alla sicurezza di utilizzo tra cui le misure di prevenzione e protezione che l'utilizzatore deve adottare. Dette informazioni sono soggette ai requisiti relativi alla lingua e ai pittogrammi di cui al punto 1.7.1. dell'allegato I del d.lgs. 17/2010.

Inoltre se un elemento della macchina deve essere movimentato durante l'utilizzazione con mezzi di sollevamento, la sua massa deve essere indicata in modo leggibile, indelebile e non ambiguo.

7. Obblighi del datore di lavoro

I principali gli obblighi del datore di lavoro, connessi all'utilizzo in sicurezza di macchine, si trovano nelle indicazioni contenute nel d.lgs. 81/2008 e in particolare, con riferimento ai pericoli sopra descritti, nei seguenti punti:

- a. Titolo I, Sezione II - Valutazione dei rischi
- b. Titolo II - Luoghi di lavoro (con riferimento all'art. 66 - Lavori in ambienti sospetti di inquinamento)
- c. Titolo III - Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale
- d. Titolo V - Segnaletica di salute e sicurezza sul lavoro
- e. Titolo VI - Movimentazione manuale dei carichi
- f. Titolo VIII - Agenti fisici (comprendente i rischi derivanti da rumore, vibrazioni, radiazioni ottiche)
- g. Titolo IX - Capo I Agenti chimici (comprendente i rischi derivanti da agenti chimici presenti sul luogo di lavoro o risultanti da attività lavorative)
- h. Titolo XI - Protezione da atmosfere esplosive

7.1 La valutazione dei rischi

L'art. 17 del d.lgs. 81/2008 (Titolo I) prevede che il datore di lavoro esegua la valutazione di tutti i rischi presenti nel luogo di lavoro, ivi compresi i rischi residui; tale obbligo non è delegabile. Il datore di lavoro deve anche, ai sensi dell'art. 28 dello stesso decreto, elaborare un documento di valutazione dei rischi (DVR) contenente:

- a. la relazione sulla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attività lavorativa, nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa;
- b. l'indicazione delle misure di prevenzione e di protezione attuate e dei dispositivi di protezione individuali (DPI) adottati, a seguito della valutazione dei rischi;
- c. il programma delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento, nel tempo, dei livelli di sicurezza;
- d. l'individuazione delle procedure per l'attuazione delle misure da realizzare, nonché dei ruoli dell'organizzazione aziendale che vi debbono provvedere, a cui devono essere assegnati unicamente soggetti in possesso di adeguate competenze e poteri;
- e. l'indicazione del nominativo del responsabile del servizio di prevenzione e pro-

- tezione, del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (o di quello territoriale) e del medico competente che ha partecipato alla valutazione del rischio;
- f. l'individuazione delle mansioni che, eventualmente, espongono i lavoratori a rischi specifici (ad esempio la manipolazione delle polveri, la manutenzione della camera di lavoro, etc..) che richiedono una riconosciuta capacità professionale, specifica esperienza, nonché adeguata formazione e addestramento.

Quanto sopra deve essere eseguito conformemente alle "Modalità di effettuazione della valutazione dei rischi" e, qualora si adotti un modello di organizzazione e di gestione, ai "Modelli di organizzazione e di gestione", di cui rispettivamente agli artt. 29 e 30 della Sezione II "Valutazione dei rischi", Capo III "Gestione della prevenzione nei luoghi di lavoro" del d.lgs. 81/2008.

Le imprese che hanno fino a 10 lavoratori possono seguire le procedure standardizzate per la valutazione dei rischi di cui all'articolo 29 comma 5 del d.lgs. 81/2008, elaborate dalla Commissione consultiva permanente ai sensi dell'art. 6, comma 8, lettera f) del d.lgs. 81/2008. e recepite con Decreto Interministeriale 30 novembre 2012. Tuttavia, le procedure standardizzate non si applicano alle attività svolte in aziende, in cui siano presenti rischio chimico, biologico, rischio derivante da atmosfere esplosive come previsto all'art. 29 comma 7 lettera b) del d.lgs. 81/2008.

7.2 Gestione dei rischi

Nel paragrafo 5 del presente documento sono stati illustrati i pericoli specifici che caratterizzano le macchine che impiegano tecnologie additive e che quindi devono essere adeguatamente considerati in primis dal fabbricante della macchina e, per i rischi residui, dal datore di lavoro. Quest'ultimo infatti deve prendere in considerazione, nella scelta delle attrezzature/ macchinari/strumenti di lavoro, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, i rischi derivanti dalle sostanze e dai preparati chimici impiegati, e tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, prendendo le relative misure.

Inoltre il datore di lavoro deve assicurarsi che le attrezzature di lavoro siano utilizzate in conformità alle istruzioni d'uso e formare, informare e addestrare il personale addetto.

L'art. 70 del d.lgs. 81/2008 richiede che il datore di lavoro metta a disposizione dei lavoratori attrezzature conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto, idonee ai fini della salute e sicurezza e adeguate al lavoro da svolgere o adattate a tali scopi.

Il datore di lavoro che acquista una macchina deve:

Accertarsi che la macchina sia completa della documentazione prevista

1. Dichiarazione di conformità CE,
2. Marcatura CE (vedere punto 6.2.2)
3. Istruzioni per l'uso (vedere punto 6.2.3), in cui si ricorda che potrebbe essere richiesta l'adozione di ulteriori misure di protezione che devono essere prese dall'utilizzatore, inclusi, se del caso, i dispositivi di protezione individuale che devono essere forniti dal datore di lavoro.

Garantire che la macchina sia idonea allo scopo e utilizzata in modo sicuro

Il datore di lavoro deve seguire le indicazioni fornite dal fabbricante sulla destinazione d'uso della macchina e sulle modalità di utilizzo. Al momento della scelta occorre infatti tener conto delle caratteristiche del luogo di lavoro, della destinazione d'uso prevista e degli eventuali rischi residui. Deve inoltre garantire che la macchina sia mantenuta adeguatamente.

Il datore di lavoro deve inoltre tenere conto delle indicazioni del fornitore delle polveri di metallo, al fine di:

- a. assicurare che lo stoccaggio e lo smaltimento rispettino le condizioni riportate sulle schede di sicurezza (SDS) della specifica composizione chimica della polvere (ad esempio utilizzando esclusivamente contenitori antistatici);
- b. assicurare che tutti i recipienti contenenti agenti chimici siano etichettati conformemente al regolamento CE n. 1272/2008 riguardante la classificazione e l'etichettatura delle sostanze chimiche. In particolare devono essere riportate tutte le indicazioni obbligatorie per legge come nome della sostanza, pittogrammi, frasi di rischio R (H), consigli di prudenza S (P), indicazioni relative al fornitore e massa o volume del contenuto;
- c. evitare di mescolare fra loro, anche accidentalmente, polveri diverse per natura o provenienza, se non si è certi della loro compatibilità;
- d. assicurare, quando si puliscono fuoriuscite di polveri, che tutti i prodotti usati per detergere siano sicuri (ovvero non reagiscano chimicamente con esse).

Per gli operatori impegnati prevalentemente su queste macchine è suggerita l'effettuazione dei test di controllo, in relazione all'assorbimento di metalli pesanti da parte dell'organismo (da valutarsi, a livello di tipologia e frequenza, con il medico competente, come previsto dal d.lgs. 81/2008).

Devono essere valutati gli eventuali rischi, correlati all'uso della macchina, dovuti alla formazione di atmosfere esplosive durante lo stoccaggio e la manipolazione di materiali (le polveri) e deve essere presa in considerazione l'eventuale applicazione del Titolo XI - protezione da atmosfere esplosive del d.lgs. 81/2008. Esso pre-

vede che, in tutte le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive sia effettuata la ripartizione in zone in conformità all'allegato XLIX e siano applicate le relative prescrizioni dettagliate nell'allegato L. La classificazione dei luoghi e la scelta degli impianti ha i seguenti principali riferimenti normativi:

- a. CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87): 2016-11 "Atmosfere esplosive - Parte 10-1: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di gas";
- b. CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88): 2016-10 "Atmosfere esplosive - Parte 10-2: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili" (sostituisce completamente la CEI EN 60079-10-2:2010-01, che rimane applicabile fino al 20-02-2018);
- c. CEI 31-108 "Atmosfere esplosive - Guida: progettazione, scelta ed installazione degli impianti elettrici in applicazione della Norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33):2015-04".

Le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive in quantità tali da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori sono segnalate così come riportato in figura 24 e devono essere provviste di allarmi ottico/acustici che segnalino l'avvio e la fermata dell'impianto, sia durante il normale ciclo sia nell'eventualità di un'emergenza in atto.



Figura 24: Segnale di avvertimento per indicare le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive (allegato LI del d.lgs. 81/2008), con scritte integrative

Laddove sussista il rischio residuo dovuto alla presenza di atmosfera sotto-ossigenata nei locali interessati all'installazione e all'utilizzo delle macchine oggetto del presente documento, questo deve essere segnalato nel modo più idoneo, ad esempio con un avviso luminoso e sonoro. I sensori devono essere disposti in posizione adeguata alla tipologia di gas inerte utilizzato (in prossimità del pavimento o del soffitto).

Per le radiazioni ionizzanti il d.lgs. 230/1995 (cfr. Capo VIII) individua gli obblighi in capo ai soggetti garanti della salute e della sicurezza dei lavoratori quali il datore di lavoro, i dirigenti, i preposti, i responsabili del servizio prevenzione e protezione, il medico competente e i lavoratori, unitamente all'Esperto Qualificato in radioprotezione. Quest'ultimo è definito, all'art. 4 lettera u) dello stesso decreto, come la persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di radioprotezione che per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione. La sua qualificazione è riconosciuta secondo procedure definite dall'allegato V del medesimo decreto.

I datori di lavoro debbono acquisire dall'esperto qualificato una relazione scritta contenente le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione inerenti alle attività stesse. A tal fine i datori di lavoro forniscono all'esperto qualificato i dati, gli elementi e le informazioni necessarie (in figura 25 un esempio di dichiarazione del produttore sull'emissione di raggi X per una macchina EBM).

X-ray emission for EBM equipment

X-ray generation
X-rays are generated when the electron beam melts the powder in the build chamber, i.e. parasitic x-ray emission.

The machine is designed so that the x-ray emission is always below 1 μ Sv/h at a distance of 0.1 m from any accessible surface of the machine. This is verified by measurement on each individual unit that is produced and the measurement is documented in a signed measurement protocol.

This means that the machine is safe to use and no extra precautions is needed to handle the machine from a radiation perspective.

Notification
The EBM machine fall under the Swedish Directive SSMSF 2003:43 which means that it is exempted from notification based on COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM Article 26(1d) and the measured emission level < 1 μ Sv/h

If you have questions regarding notification in your region, please contact your local Radiation Safety Authority

X-ray radiation test result.

The EBM machine has been tested for unintentionally emitted x-ray radiation according to SSMSF 2008:43 (EN-41010-1:12).

Dose rate demands
The maximum equivalent dose rate at the distance 0.1 m from an accessible point from the machine must not exceed 1 microsievert per hour (μ Sv/h) and shall be calculated as the mean value over an area of 10 cm².

Machine parameters during testing

- Maximum value of acceleration voltage: 60 kV
- Maximum value of electron beam current: 25 mA
- Defocused electron beam
- Target(substrate) = Tungsten carbide material, placed

Test Execution
Only trained service engineer shall execute the test according to the X-ray test procedure.

Machine Serial Number:

Procedure document
Doc No. / Version:

X-ray test equipment
Model:
Serial No.:
Last calibration: 2016-04-28
Calibration due date: 2017-04-28

Measurement	Distance	Limit	Actual reading
1	1 meter	<1 μ Sv/h	0,250 μ Sv/h
2	0.1 meter	<1 μ Sv/h	0,585 μ Sv/h

Measurement executed:
Date:

Figura 25: Esempio di dichiarazione del produttore per l'emissione di raggi X

Sulla base delle indicazioni contenute nella relazione i datori di lavoro, i dirigenti e i preposti devono rispettare quanto richiesto dall'art. 61 del d.lgs. 230/1995 ed in particolare:

- provvedere ad individuare, delimitare, segnalare, classificare in zone gli ambienti di lavoro in cui sussista un rischio da radiazioni e regolamentarne l'accesso;

- b. apporre segnalazioni che indichino il tipo di zona, la natura delle sorgenti ed i relativi tipi di rischio e siano indicate, mediante appositi contrassegni, le sorgenti di radiazioni ionizzanti
- c. classificare i lavoratori interessati ai fini della radioprotezione;
- d. fornire ai lavoratori, ove necessari, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione;
- e. fornire al lavoratore esposto i risultati delle valutazioni di dose, effettuate dall'esperto qualificato, che lo riguardino direttamente, nonché assicurare l'accesso alla documentazione di sorveglianza fisica concernente il lavoratore stesso di cui all'articolo 81 del suddetto decreto.

Qualora sia stata valutata la presenza di radiazioni non ionizzanti (es. fasci laser emessi dalle macchine SLM) o campi magnetici, il datore di lavoro deve accertarsi che non vi sia esposizione di persone portatrici di pacemaker o comunque appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio. Eventualmente si deve valutare l'adozione di precauzioni aggiuntive per esempio adottando cartellonistica di avvertimento e di sicurezza (vedasi figure 9 e 10) in prossimità dell'accesso ai locali in cui vi sono le relative sorgenti, al fine di evitare eventuali malfunzionamenti di dispositivi elettromedicali e impiantabili. Si ricorda che il d.lgs. 159/2016 ha apportato delle modifiche al d.lgs. 81/2008 con particolare riferimento al Capo IV del Titolo VIII Agenti fisici - Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici che prevede la valutazione dei pericoli elettromagnetici in azienda e fornisce i relativi valori limite da rispettare.

7.2.1 I dispositivi di protezione individuale (DPI)

Gli operatori delle macchine in oggetto e quelli coinvolti nelle operazioni accessorie, nelle operazioni di manipolazione delle polveri e nella manutenzione, devono avere in consegna e indossare i dispositivi di protezione individuale (DPI) previsti e forniti dal datore di lavoro. I DPI devono essere adeguati ai rischi, alle condizioni esistenti sul luogo di lavoro nonché tenere conto delle esigenze ergonomiche o di salute del lavoratore.

Il fabbricante della macchina nelle istruzioni deve dare evidenza all'utilizzatore dei rischi residui individuando i DPI necessari e, proprio da queste indicazioni, il datore di lavoro deve partire per implementare il processo di scelta dei DPI²⁰. Si ricorda che i DPI devono essere impiegati quando i rischi non possono essere evitati o sufficientemente ridotti da misure tecniche di prevenzione, da mezzi di protezione collettiva, da misure, metodi o procedimenti di riorganizzazione del lavoro.

²⁰ Vedere allegato 3.D del Manuale operativo Inail "Il rischio chimico per i lavoratori nei siti contaminati".

In caso di rischi multipli che richiedono l'uso simultaneo di più DPI, questi devono essere tra loro compatibili e tali da mantenere, anche nell'uso simultaneo, la propria efficacia nei confronti del rischio e dei rischi corrispondenti. In funzione della natura dei DPI selezionati, andrà svolta nei confronti dei lavoratori una opportuna attività di Formazione, Informazione e Addestramento. Si evidenzia che qualsiasi DPI commercializzato e utilizzato nel territorio della Comunità Europea deve essere conforme ai sensi del Regolamento 425/2016²¹, pertanto deve essere marcato CE e avere a corredo una certificazione o dichiarazione di conformità a seconda della categoria del dispositivo.

L'art. 77 del d.lgs. 81/2008 prescrive che in ogni caso l'addestramento è indispensabile per ogni DPI che appartenga alla terza categoria e per i dispositivi di protezione dell'udito. I DPI di terza categoria sono individuati dal sopraccitato decreto quali i DPI di progettazione complessa destinati a salvaguardare da rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente (es. protezione respiratoria, protezione isolante, aggressioni chimiche, radiazioni ionizzanti, tensioni elettriche pericolose). Per il settore delle macchine additive operanti mediante processi di fusione e sinterizzazione dei metalli, i DPI devono essere scelti e forniti ai lavoratori in funzione delle condizioni di svolgimento relative a tutte le fasi di utilizzo della macchina (caricamento e rimozione polveri, estrazione dei manufatti prodotti, fasi di pulizia, manutenzione, regolazione e setup, eccetera). Tra essi, possono ricadere, indicativamente:

- a. maschera, semi maschera/facciale/respiratore in grado di filtrare le tipologie di polveri utilizzate, eventualmente disperse nell'aria evitandone l'inalazione e l'entrata in contatto con occhi e mucose;
- b. copricapo che eviti il contatto/ingresso delle polveri nelle orecchie, attraverso il cuoio capelluto e la pelle del collo oppure, in alternativa, la tuta del punto precedente, con cappuccio;
- c. guanti in gomma monouso a tenuta sul polso e conduttori di elettricità statica;
- d. calzature di protezione ES/DS o conduttive;
- e. tuta protettiva in materiale antistatico;
- f. occhiali di protezione contro fasci laser scelti in funzione della lunghezza d'onda del fascio;
- g. ulteriori DPI di natura non specifica per le tecnologie in analisi, che vanno usati in presenza di rischi residui da individuare opportunamente (es.: guanti di protezione contro i rischi meccanici, altri dispositivi di protezione delle vie respiratorie).

21 Il Regolamento 2016/425 è stato pubblicato in GUE il 31 marzo 2016 ed è entrato in vigore il 30 aprile 2016. La direttiva 89/686/CEE, attuata in Italia con il d.lgs. 475/1992, è stata abrogata a decorrere dal 21 aprile 2018.

7.2.2 Informazione, formazione e addestramento

L'art. 36 del d.lgs. 81/2008 richiede che il datore di lavoro provveda affinché ciascun lavoratore e non solo l'operatore specifico della macchina riceva una adeguata informazione sui rischi per la salute e sicurezza sul lavoro connessi alla attività della impresa in generale nonché:

- a. sui rischi specifici²² cui è esposto in relazione all'attività svolta, le normative di sicurezza e le disposizioni aziendali in materia;
- b. sui pericoli connessi all'uso delle sostanze e delle miscele pericolose sulla base delle schede dei dati di sicurezza previste dalla normativa vigente e dalle norme di buona tecnica;
- c. sulle misure e le attività di protezione e prevenzione adottate.

Si ricorda che potrebbero essere esposte a rischi, quali ad esempio quelli derivanti dalla presenza di radiazioni ionizzanti e polveri, persone non operanti direttamente sulla macchina ma in locali limitrofi a quello di installazione.

Se del caso, si ricorda inoltre l'obbligo richiamato dall'art. 69 del d.lgs. 230/95 di informare i lavoratori, nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione, dei rischi specifici cui sono esposti, delle norme di protezione sanitaria, delle conseguenze derivanti dalla mancata osservanza delle prescrizioni mediche, delle modalità di esecuzione del lavoro e delle norme interne (procedure aziendali).

Inoltre l'art. 37 del d.lgs. 81/2008 richiede che il datore di lavoro assicuri, per ciascun lavoratore, una formazione e, ove previsto un addestramento, sufficienti ed adeguati in materia di salute e sicurezza²³. L'attività formativa deve riguardare nozioni generali e specifiche, queste ultime relative ai fattori di rischio connessi alle attività in concreto svolte dal singolo. Quindi tra l'altro dovrà essere conseguita conoscenza dei pericoli dovuti a:

- presenza di gas inerti e all'accumulo di elettricità statica, nonché conoscenza delle relative modalità per evitarne l'insorgenza;
- all'uso delle sostanze e delle miscele pericolose sulla base delle schede dei dati di sicurezza previste dalla normativa vigente e dalle norme di buona tecnica.

L'Accordo Stato Regioni del 21 dicembre 2011 che identifica nel dettaglio i contenuti necessari della formazione dei lavoratori e evidenzia, con particolare riferimento alla formazione specifica, che tali contenuti dipendono dalla valutazione dei rischi²⁴.

²² L'informazione sui rischi specifici deve tener conto di quanto previsto dagli articoli dedicati all'informazione contenuti in tutti i Titoli applicabili del d.lgs. 81/2008.

²³ La formazione e l'addestramento sui rischi specifici deve tener conto di quanto previsto dagli articoli dedicati alla formazione e all'addestramento contenuti in tutti i Titoli applicabili del d.lgs. 81/2008.

²⁴ Vedasi anche interpello n. 11 del 24/10/2013 del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali.

L'art. 73 c.1 del d.lgs. 81/2008 richiede che, per ogni attrezzatura di lavoro messa a disposizione, i lavoratori incaricati all'uso dispongano di ogni necessaria informazione e istruzione e ricevano formazione e addestramento adeguati in rapporto alla sicurezza, relativamente alle condizioni di impiego delle attrezzature e alle situazioni anormali prevedibili. Il c.4 del medesimo articolo richiede inoltre che qualora siano necessarie particolari conoscenze e responsabilità per l'uso della macchina in relazione ai rischi specifici, gli operatori devono ricevere *una formazione, informazione e addestramento adeguati e specifici, tali da consentire l'utilizzo delle attrezzature in modo idoneo e sicuro, anche in relazione ai rischi che possano essere causati da altre persone.*

I lavoratori addetti alla manipolazione di sostanze pericolose o comunque esposti al rischio di esplosione devono essere adeguatamente informati e formati (art. 294 bis d.lgs. 81/2008) all'esercizio delle attività di competenza e al rispetto delle misure di prevenzione e protezione.

In linea generale, per le macchine in oggetto, si evidenzia l'importanza di conoscere e seguire le procedure di:

- stoccaggio e manipolazione delle polveri metalliche, all'interno degli appositi magazzini e presso il reparto di produzione;
- rifornimento e svuotamento delle polveri metalliche impiegate, evitando dispersioni di polveri nell'ambiente;
- carico e scarico dei pezzi realizzati e relative precauzioni per evitare la dispersione di polveri nell'ambiente circostante e la caduta di oggetti pesanti;
- pulizia della macchina dai residui delle polveri metalliche impiegate, evitando dispersioni di polveri nell'ambiente
- manutenzione e controlli da eseguire sulla macchina prima dell'utilizzo e da adottare in caso di anomalie di funzionamento;
- emergenza e lotta all'incendio (mezzi e procedure, modalità di segnalazione ai Vigili del Fuoco, modalità di evacuazione e messa in sicurezza della struttura produttiva).

In generale la conoscenza/accessibilità alle istruzioni d'uso e le procedure di utilizzo delle attrezzature (funzionamento, manutenzione, alimentazione etc.) ma anche delle operazioni accessorie (es. pulizia del locale, stoccaggio delle polveri, etc.) rappresentano la base di partenza per la formazione e l'addestramento per gli operatori delle macchine oggetto del presente documento.

8. Obblighi dei lavoratori

Gli obblighi dei lavoratori connessi alla salute e alla sicurezza dei luoghi di lavoro sono disciplinati dal d.lgs. 81/2008. In particolare l'art. 20 dello stesso decreto richiede che i lavoratori si prendano cura della propria salute e sicurezza e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro, conformemente alla loro formazione, alle istruzioni e ai mezzi forniti dal datore di lavoro.

Si evidenzia che gli stessi hanno l'obbligo di utilizzare correttamente le attrezzature di lavoro, le sostanze e i preparati pericolosi, i mezzi di trasporto, nonché i dispositivi di sicurezza.

L'art. 78 richiede che essi utilizzino i dispositivi di protezione messi a loro disposizione conformemente all'informazione e formazione ricevute e all'addestramento²⁵ eventualmente organizzato ed espletato.

²⁵ L'addestramento è indispensabile per DPI di 3° categoria e dispositivi di protezione dell'udito (art. 77 c. 5 del d.lgs. 81/2008).

9. Check list

9.1 Utilizzo in sicurezza delle macchine che adottano TA powder bed fusion/sintering²⁶

Di seguito si propone una check-list a supporto delle principali attività che il datore di lavoro delle macchine oggetto del presente documento deve implementare per poter garantire l'utilizzo in sicurezza delle stesse. Essa, ancorché non esaustiva in quanto necessita di essere adattata alle specificità della macchina e dell'ambiente in cui questa è installata, supporta dunque il datore di lavoro nel verificare che la macchina sia idonea ai fini della salute e sicurezza, nonché adeguata al lavoro da svolgere.

	AZIONE	SI	NO	Note e riferimenti d.lgs. 81/2008
1	La macchina è dotata della dichiarazione CE di conformità?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.1 e c.2
2	La macchina è marcata CE?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	La macchina è dotata di istruzioni per l'uso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	L'utilizzo che si intende fare della macchina rientra tra quelli previsti dal fabbricante della stessa e specificati nelle istruzioni per l'uso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Se la macchina è destinata ad essere utilizzata in un ambiente caratterizzato da rischio di esplosione, è marcata ATEX?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	La macchina è dotata delle indicazioni complete, marcature e pittogrammi per il suo utilizzo in sicurezza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	La macchina presenta vizi palesi (vedasi 9.2 Check-list pericoli specifici)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	È stata effettuata l'analisi e la valutazione dei rischi correlati all'installazione e all'utilizzo della macchina, dei materiali e dei sistemi/sostanze accessorie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.2

²⁶ ATTENZIONE: la check list mette in luce le principali attività legate all'utilizzo in sicurezza delle macchine oggetto del presente documento ma non intende essere un elenco esaustivo e sostitutivo di tutti gli obblighi di legge.

	AZIONE	SI	NO	Note e riferimenti d.lgs. 81/2008
9	Se la macchina è destinata ad essere installata in aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive, è stata aggiornata la ripartizione in zone e il documento sulla Protezione contro le esplosioni?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.2
10	A seguito della valutazione dei rischi, sono state implementate ulteriori misure tecniche ed organizzative per ridurre al minimo i rischi connessi all'utilizzo della macchina e per impedire che siano utilizzate per operazioni e secondo condizioni per cui non sono adatte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.3
11	Sono state considerate/attuare le indicazioni fornite dal fabbricante nelle istruzioni per la gestione della macchina e dei relativi rischi residui?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c. 4 lettera a) punto 1
12	La macchina è oggetto di idonea manutenzione al fine di garantire nel tempo la permanenza dei requisiti di sicurezza, conformemente alle indicazioni per la manutenzione contenute nelle istruzioni per l'uso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c. 4 lettera a) punto 2
13	Il posto di lavoro e la posizione dei lavoratori durante l'uso della macchina soddisfano i requisiti di sicurezza e rispondono ai principi di ergonomia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c. 6
14	I lavoratori che utilizzano la macchina sono stati adeguatamente informati, formati e addestrati all'uso della macchina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c. 7 lettera a)
15	I lavoratori che eseguono operazioni di riparazione, di trasformazione o manutenzione, sono qualificati in maniera specifica per svolgere detti compiti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c. 7 lettera b)
16	Sono eseguiti i controlli iniziali e periodici secondo le indicazioni del fabbricante al fine di assicurarne l'installazione corretta e il buon funzionamento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.8 lettera a) e b1)
17	Qualora intervengano eventi eccezionali quali ad esempio riparazioni o incidenti è garantita l'esecuzione di interventi di controllo straordinari secondo le indicazioni del fabbricante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.8 lettera b2)
18	I suddetti controlli sono eseguiti da personale competente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 71 c.8 lettera c)

	AZIONE	SI	NO	Note e riferimenti d.lgs. 81/2008
19	L'esito dei suddetti controlli è riportato per iscritto, conservato e, almeno quelli relativi agli ultimi 3 anni, mantenuto a disposizione?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art71 c.9
20	I lavoratori addetti all'uso della macchina sono stati informati formati ed addestrati per garantire un utilizzo della stessa idoneo e sicuro, anche in relazione ai rischi che possano essere causati ad altre persone?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 73 c.4
21	I lavoratori presenti nell'ambiente di lavoro circostante sono stati informati sui rischi cui sono esposti in relazione alla presenza della macchina, anche se non usata da lui direttamente, nonché sui cambiamenti di tale macchina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 73 c. 2
22	Sono stati forniti adeguati DPI in funzione dei rischi associati alla macchina e delle caratteristiche del lavoratore?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 77 c. 2
23	I lavoratori sono stati formati e eventualmente (DPI di terza categoria e rumore) addestrati all'utilizzo dei DPI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	art. 77 c. 4

9.2 Pericoli specifici

Premesso che è responsabilità del fabbricante immettere sul mercato macchine sicure e quindi rispondenti ai requisiti essenziali di salute e sicurezza della direttiva macchine e di altre direttive applicabili (vd cap. 6) e che il datore di lavoro deve gestire il rischio residuo secondo le indicazioni fornite dal fabbricante nonché i rischi associati all'inserimento della macchina nell'ambiente di lavoro, quest'ultimo deve anche individuare eventuali vizi palesi (es. assenza di ripari, malfunzionamenti) che possano esporre a rischio il lavoratore. Di seguito è fornita un'ulteriore check-list esemplificativa allo scopo di supportare il datore di lavoro nell'esecuzione dei controlli sulla macchina prima di metterla a disposizione dei lavoratori e nell'implementazione di procedure corrette per le attività accessorie all'utilizzo della stessa (es. stoccaggio e movimentazione delle polveri).

	AZIONE	SI	NO	Non applicabile	Note e riferimenti ai capitoli del presente documento
1	Gli elementi che partecipano alla trasmissione del moto (es. meccanismo per sollevamento piastra porta-pezzo) e alla lavorazione (es. racla) sono inaccessibili durante i movimenti pericolosi o resi inaccessibili con idonei mezzi di protezione?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.1
2	Sono presenti idonei mezzi e misure di protezione dai rischi derivanti dalla caduta di oggetti durante il trasporto e la movimentazione di: - Piastra - Contenitori di raccolta polveri - Filtri - Bombole di gas - Altre parti rimovibili della macchina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.2
3a	In caso di utilizzo di radiazioni ionizzanti ricadenti nelle condizioni di (es. raggi X per le macchine EBM), è stata verificata l'applicabilità del d.lgs. 230/95 e, in caso affermativo, nominato l'Esperto Qualificato?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.3.1
3b	Sono state adottate le misure di radioprotezione (es. indicatori di emissione, strumenti di rilevazione ambientale) indicate dall'esperto qualificato?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.3.1
4	Sono presenti idonei schermi di contenimento e/o forniti idonei DPI qualora ci siano emissioni di radiazioni non ionizzanti (es. radiazione ottica del laser)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.3.2
5	Le superfici e i materiali soggetti a raggiungere temperature elevate (es. piastra porta-pezzo) sono inaccessibili fintanto che la temperatura non raggiunga valori non pericolosi e/o forniti idonei DPI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.4
6	Sono presenti mezzi (es. dispositivi automatici di rilevamento, dispositivi di scarico delle esplosioni) e/o misure di contenimento e soppressione del rischio di incendio ed esplosione?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.5

	AZIONE	SI	NO	Non applicabile	Note e riferimenti ai capitoli del presente documento
8	Sono presenti mezzi (es. aspiratori) e/o misure (es. procedure per la pulizia e il travaso delle polveri) per il contenimento della dispersione delle polveri?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.7.1
10	Sono presenti mezzi (es. impianti di evacuazione e aerazione, sensori) per evitare l'accumulo e/o rilevare e gestire potenziali dispersioni di gas nocivi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.7.2
11	In relazione a tutti i rischi di cui sopra, sono state svolte le attività di informazione, formazione e addestramento previste?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.2.2

10. Glossario

Addestramento: complesso delle attività dirette a fare apprendere ai lavoratori l'uso corretto di attrezzature, macchine, impianti, sostanze, dispositivi, anche di protezione individuale, e le procedure di lavoro. (art. 2 comma cc del d.lgs. 81/2008).

Antistaticità - capacità di un materiale di disperdere le cariche elettrostatiche che si depositano su di esso, eliminando il rischio di archi elettrici. La normativa ESD IEC61340-5-1 suddivide i materiali impiegati nel controllo dell'ESD soprattutto in base alla loro resistività superficiale.

Materiali Shielding	da 0 a $10^3 \Omega$
Materiali Conduttivi	da 0 a $10^5 \Omega$
Materiali Statici-Dissipativi	da 10^5 a $1 \times 10^{11} \Omega$
Materiali Isolanti	$> 1 \times 10^{11} \Omega$

La resistenza superficiale non è sufficiente a garantire l'affidabilità del prodotto, la sua misurazione è sempre abbastanza complessa soprattutto a valori superiori a $10^9 \Omega$. Per valori elevati di resistenza superficiale è necessario misurare il tempo di decadimento della carica elettrostatica. La resistenza superficiale non ha molto significato per i prodotti multistrato, dove solitamente lo strato shielding è quello nascosto, e per i prodotti non omogenei (es. tessuti, coperture in PVC).

Materiali shielding: Vengono definiti shielding o schermanti i materiali che operano secondo il principio della gabbia di Faraday. I film schermanti sono normalmente formati da 3 strati di cui quello intermedio è metallico.

Materiali conduttivi: Di solito di colore nero, hanno una forte conduttività elettrica, quindi una veloce dissipazione delle cariche elettriche verso terra.

Materiali dissipativi: Hanno una resistenza superficiale più alta, di solito superiore al $M\Omega$ con una capacità di dissipazione della carica elettrostatica entro limiti accettabili (< 2 sec). Rientrano in questa categoria la maggior parte dei materiali

utilizzati: vestiario, piano di lavoro, pavimentazione, contenitori, etc. Sebbene siano definiti dissipativi i materiali con R_{sup} minore di $1 \times 10^{11} \Omega$ la normativa stabilisce valori più bassi in funzione delle applicazioni, ad esempio per i piani di lavoro il valore massimo è $10^{10} \Omega$.

Materiali isolanti: Non garantiscono la dissipazione delle cariche elettrostatiche.

Attrezzatura di lavoro: qualsiasi macchina, apparecchio, utensile o impianto, inteso come il complesso di macchine, attrezzature e componenti necessari all'attuazione di un processo produttivo, destinato ad essere usato durante il lavoro (art. 69 del d.lgs. 81/2008).

Condensato: sostanza di natura eterogenea, che può depositarsi sulle pareti della camera di lavoro e sulle ottiche delle macchine additive operanti per sinterizzazione/fusione di polveri metalliche e derivante dai vapori e nano-particelle che si originano dallo spot caldo alla base del processo. Può assumere caratteristiche di infiammabilità ed esplosività e pertanto deve essere considerato nell'analisi e nella valutazione del rischio.

Datore di lavoro: il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa (definizione tratta dall'art. 2 lettera b) d.lgs. 81/2008).

Dirigente: persona che, in ragione delle competenze professionali e di poteri gerarchici e funzionali alla natura dell'incarico conferitogli, attua le direttive del Datore di lavoro organizzando l'attività lavorativa e vigilando su di essa (art. 2 lettera d) del d.lgs. 81/2008).

Dispositivo di protezione individuale (DPI): sono definiti dall'art. 1 del d.lgs. 475/1992 quei prodotti che hanno la funzione di salvaguardare la persona che l'indossa, o comunque li porti con sé, da rischi per la salute e la sicurezza. I DPI sono classificati in 3 categorie:

- a. *Prima categoria:* DPI di progettazione semplice e destinati a salvaguardare la persona da rischi di danni fisici di lieve entità (es.: occhiali da sole professionali, guanti contro rischi meccanici lievi, indumenti da lavoro ordinari).
- b. *Seconda categoria:* i DPI non compresi nelle altre due classi (es. occhiali di protezione, elmetti di protezione, calzature, cuffie e inserti antirumore).
- c. *Terza categoria:* DPI di progettazione complessa destinati a salvaguardare da rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente (es. protezione respiratoria, protezione isolante, aggressioni chimiche, radiazioni ionizzanti, cadute dall'alto, tensioni elettriche pericolose).

Formazione: processo educativo attraverso il quale trasferire conoscenze e procedure utili alla acquisizione di competenze per lo svolgimento in sicurezza dei rispettivi compiti in azienda e alla identificazione, alla riduzione e alla gestione dei rischi. (art. 2 c. aa del d.lgs. 81/2008).

Informazione: complesso delle attività dirette a fornire conoscenze utili alla identificazione, alla riduzione e alla gestione dei rischi in ambiente di lavoro. (art. 2 c. bb del d.lgs. 81/2008).

Lavoratore: persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione di un Datore di lavoro pubblico o privato, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione, esclusi gli addetti ai servizi domestici e familiari (tratto dall'art. 2 lettera a) del d.lgs. 81/2008).

Pavimentazione antistatica: pavimentazione che, oltre ad assolvere ai normali compiti (resistenza chimica-meccanica, facilità di pulizia, impermeabilità, ecc.), ha caratteristiche conduttive e quindi in grado di assorbire l'energia elettrostatica presente in alcuni ambienti lavorativi. La capacità di dispersione delle cariche elettrostatiche va opportunamente verificata in base alla norma UNI EN 1081 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni - Determinazione della resistenza elettrica.

Pericolo: potenziale sorgente di un danno (punto 3.6 della norma EN ISO 12100:2010),

Polveri (micro- e nano-): l'insieme delle polveri totali sospese (PTS) nell'aria può essere scomposto a seconda della distribuzione delle dimensioni delle particelle. Si identificano come micro-polveri quelle con diametro medio da 2,5 a 10 µm, mentre si definiscono nano-polveri quelle con dimensione media sotto i 2,5 µm. Il meccanismo dettagliato con cui le micro o nano polveri interferiscono con gli organismi non è ancora chiarito completamente. L'insieme delle polveri totali sospese (PTS) nell'aria può essere scomposto a seconda della distribuzione delle dimensioni delle particelle.

Regolamento CLP (Classification, Labelling and Packaging): il regolamento (CE) n. 1272/2008 è una revisione ed un aggiornamento del sistema di classificazione ed etichettatura dei prodotti chimici. Questo Regolamento riprende i principi del Globally Harmonized System (GHS) precedentemente definito dal Consiglio economico e sociale delle Nazioni Unite indirizzato verso una classificazione ed etichettatura armonizzate a livello mondiale. L'obiettivo del regolamento è facilitare, all'interno dell'Unione Europea, la libera circolazione delle sostanze, delle miscele e degli articoli, nonché garantire un elevato livello di protezione della salute dell'uomo e dell'ambiente. Nell'ambito della nuova legislazione chimica dell'UE, il CLP è complementare al REACH.

REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals): il regolamento (CE) n. 1907/2008 concernente la registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche e l'istituzione dell'Agenzia europea per le sostanze chimiche è un regolamento adottato per migliorare la protezione della salute dell'uomo e dell'ambiente dai rischi delle sostanze chimiche. Questo regolamento in Italia è stato attuato con DM 22 novembre 2007.

Rischio: combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità di quel danno (punto 3.12 della norma EN ISO 12100:2010).

Rischio residuo: rischio che rimane dopo aver preso le misure di protezione (punto 3.13 della norma EN ISO 12100:2010).

Uso previsto: uso di un'attrezzatura conformemente alle indicazioni delle Istruzioni per l'uso fornito dal produttore dell'attrezzatura.

Uso scorretto ragionevolmente prevedibile: azione o combinazione di azioni svolte sull'attrezzatura in modo diverso da quanto indicato nelle Istruzioni per l'uso, derivanti dal comportamento umano facilmente prevedibile. Il fabbricante deve tenere in considerazione questo aspetto, anche sulla base dell'esperienza con lo stesso tipo di macchina o con macchine simili. Una particolare attenzione deve essere data ai fattori che possono portare alla rimozione, alla disattivazione o all'elusione dei ripari e dei dispositivi di protezione.

11. Bibliografia²⁷

1. D.lgs. 81/2008 e s.m.i. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
2. D.lgs.159/16 Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.
3. D.lgs. 85/16 Attuazione della direttiva 2014/34/UE Concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative agli apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva.
4. D.lgs. 17/2010 Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.
5. D.lgs. 230/1995 e s.m.i Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti.
6. Regolamento (UE) 2016/425 (DPI) sui dispositivi di protezione individuale e che abroga la direttiva 89/686/CEE del Consiglio.
7. Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH) concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 1999/45/CE e che abroga il regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le direttive della Commissione 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE.
8. Regolamento europeo n. 1272/2008 (CLP) relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006.
9. EN ISO 12100:2010 Sicurezza del macchinario. Principi generali di progettazione. Valutazione del rischio e riduzione del rischio.

²⁷ Si invita il lettore a verificare le versioni più recenti delle norme applicabili che sono state individuate e riportate, nella loro versione in vigore al momento della presente pubblicazione.

10. EN ISO 13855:2010 Sicurezza del macchinario - Posizionamento dei mezzi di protezione in funzione delle velocità di avvicinamento di parti del corpo umano
11. EN ISO 13857:2008 Sicurezza del macchinario - Distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori
12. EN ISO 14119:2013 Sicurezza del macchinario - Dispositivi di interblocco associati ai ripari - Principi di progettazione e di scelta
13. EN 12198-1:2000+A1:2008 Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 1: Principi generali
14. EN 12198-2:2002+A1:2008 Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 2: Procedura di misurazione dell'emissione di radiazione
15. EN 12198-3:2002+A1:2008 Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 3: Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura
16. EN ISO 11553-1:2008 Safety of machinery - Laser processing machines - Part 1: General safety requirements
17. EN 12254:2010 Schermi per posti di lavoro in presenza di laser - Requisiti di sicurezza e prove
18. EN ISO 13732-1:2008 Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 1: Superfici calde
19. EN 1127-1:2019 Atmosfere esplosive - Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione - Parte 1: Concetti fondamentali e metodologia
20. EN ISO 19353:2019 Sicurezza del macchinario - Prevenzione e protezione contro l'incendio
21. IEC 60825-1:2014 Sicurezza degli apparecchi laser - Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore
22. <https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/conoscere-il-rischio/agenti-fisici/radiazioni-ionizzanti.html>
23. <https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/conoscere-il-rischio/agenti-fisici/radiazioni-ottiche-artificiali.html>
24. Il rischio di esplosione, misure di protezione ed implementazione delle direttive Atex 94/9/CE e 99/92/CE ed. Inail dicembre 2013 ISBN 978-88-7484-332-9

