

particolare sulla base delle eventuali caratteristiche di pericolo che la potrebbero classificare quindi anche come rifiuto speciale pericoloso. È inoltre frequente che i big bags non contengano esclusivamente il materiale polverulento, ma anche contaminanti di varia natura (quali stracci, guanti e dispositivi di protezione individuale), che richiedono una cernita preliminare per essere avviati ad attività di gestione diverse rispetto a quelle che subirà il rifiuto polverulento.

Il rifiuto polverulento viene quindi movimentato e trasferito all'interno di appositi contenitori in cui è presente un rifiuto in fase liquida, preliminarmente reputato idoneo alla specifica attività, nell'osservanza delle specifiche BATNEC di settore (Best Available Techniques Not Entailing Excessive Cost) le quali privilegiano l'uso di rifiuti liquidi compatibili rispetto al consumo di acqua. Tali contenitori sono posti in specifiche aree di stoccaggio dell'impianto al fine di garantire idonei spazi di manovra, anche nelle potenziali condizioni anomale o di emergenza, garantendo comunque la sicurezza e la protezione ambientale dell'intera zona.

Questo intervallo temporale di stoccaggio in condizioni statiche consente alla polvere di assorbire sostanze liquide aventi PH acido o basico (in relazione alla tipologia di polvere), classificati come rifiuti al fine di ridurre l'impiego di materie prime, in modo progressivo favorendo la saturazione del materiale e la riduzione della sua reattività latente. Nel caso di polveri particolarmente leggere, il tempo di permanenza può essere prolungato, poiché la bassa densità apparente ostacola l'assorbimento del liquido e può determinare fenomeni di galleggiamento.

Al termine di questa fase statica, la temperatura del materiale viene monitorata mediante strumenti di rilevamento specifici al fine di valutare l'eventuale sviluppo di reazioni esotermiche. Solo in presenza di temperature relativamente basse, il materiale è considerato idoneo alle successive fasi di lavorazione.

Le operazioni successive sono condotte in ambienti chiusi e confinati dotati di impianti di convogliamento delle emissioni tramite aspirazione localizzata e ambientale, indispensabili per garantire idonei criteri di prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro nonché di protezione ambientale data la presenza dell'impianto di abbattimento ad umido per le polveri e successivo adsorbimento su filtri a carboni attivi (Figura 6b). In funzione dei volumi di polvere da gestire, possono essere impiegati macchinari specifici per la loro miscelazione ed inertizzazione. (Figura 6c).

Nello specifico, la polvere contenuta all'interno dei sacconi viene convogliata nell'inertizzatore in modo controllato e i big bags, una volta completato lo svuotamento, sono avviati a successive operazioni di recupero o smaltimento dedicate.

L'operazione è svolta in modo sequenziale, introducendo nell'impianto circa 2 parti di materiale solido/polverulento e 1 di liquido per ciclo.

Il contatto tra alluminio e la fase liquida innescava una reazione esotermica con sviluppo di idrogeno, che viene captato e trattato mediante l'impianto di aspirazione. In condizioni operative controllate, tale reazione avviene in modo progressivo; tuttavia, in alcuni casi può manifestarsi in maniera ritardata e im-

provvisa, quando il materiale risulta completamente miscelato. In tali circostanze, la reazione può diventare particolarmente intensa, generando un rapido sviluppo di vapori convogliati verso il sistema di aspirazione. Per garantire la sicurezza operativa, l'area è dotata di sistemi di confinamento automatico. Il processo viene reiterato nei giorni successivi fino al raggiungimento di circa 7-8 tonnellate complessive di materiale trattato (miscela di polvere e liquido). Al termine del trattamento si ottiene un materiale semifiuido, assimilabile a un fango, che può essere successivamente miscelato con altre tipologie di rifiuti analoghi. Una volta raggiunte quantità dell'ordine di 27-28 tonnellate, il materiale viene caricato sfuso in automezzi dedicati (Figura 6d) e conferito a impianti autorizzati per le ulteriori fasi di trattamento e preparazione allo smaltimento finale.

Alternative di riciclo

Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse soluzioni alternative, attualmente in fase di sperimentazione, finalizzate al recupero e alla valorizzazione della polvere di alluminio in sostituzione dello smaltimento tradizionale. Di seguito sono presentati alcuni approcci innovativi che, grazie al loro potenziale tecnico ed economico, potrebbero in futuro essere standardizzati e applicati su scala industriale in diversi contesti applicativi.

Produzione di idrogeno green

Come già evidenziato, l'alluminio finemente suddiviso reagisce anche con soluzioni neutre innescando una reazione esotermica che porta alla formazione di idrogeno e calore (Figura 7a). In condizioni controllate e previa attivazione del materiale (ad esempio mediante soluzioni alcaline), il processo consente di ottenere rese significative: per ogni chilogrammo di polvere trattata si possono generare oltre 1000 dm³ di idrogeno gassoso, accompagnati da un rilascio energetico dell'ordine di circa 4 kWh. Tale resa dipende da diverse condizioni, tra cui la temperatura di reazione (Figura 7b). I prodotti della reazione sono costituiti prevalentemente da idrossido di alluminio, con una frazione minoritaria di altri

Tabella 4 - Codici CER per la classificazione della polvere di alluminio

Codice	Tipologia
12 01 03	limatura e trucioli di metalli non ferrosi
12 01 16	rifiuti di sabbiatura contenenti sostanze pericolose
12 01 01	Trucioli, limatura, ritagli di lavorazione
12 01 04	Polveri di lavorazione
01 03 07	Polveri e residui contenenti metalli pesanti
10 03 04	Scorie e scaglie di lavorazione
10 03 05	Polvere di allumina (di solito non pericolosa)