



Rischio esplosione negli ambienti di lavoro

Rischio di proiezione di metallo fuso nelle fonderie per l'alluminio

Ing. Fabio Scali
Commissione meccanica industriale
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Roma, 23 settembre 2025



Eventi incidentali nelle fonderie per l'alluminio

Si tratta di un fenomeno temuto perché gli eventi incidentali possono avere effetti anche imponenti tali da coinvolgere persone con esiti infortunistici anche molto gravi

Al fine di condividere e sensibilizzare gli addetti ai lavori sono disponibili report e statistiche a livello internazionale fornite dalle diverse associazioni di produttori di alluminio

Classificazione degli incidenti

Annualmente vengono rendicontati gli eventi classificandoli in base all'effetto che hanno provocato:

BASSO

ELEVATO

Parametri	Forza 1	Forza 2	Forza 3
Danni alle strutture	Nessuna	Minori	Considerevoli
Emissione luminosa	Minima	Flash	Intensa
Rumore	Breve scoppio	Intenso	Molto elevato
Onda di pressione	Breve	Prolungata	Molto intensa e violenta
Dispersione di metallo	Entro 3 metri	Da 3 a 15 metri	Oltre i 15 metri

Eventi incidentali nelle fonderie per l'alluminio

18 febbraio 2024:

- **5 operai morti**
- **13 feriti**
- **80 % delle
strutture distrutte**



Durante la fase di avvio della colata semicontinua di billette, un fondello è rimasto incastrato al collareto. Un operaio ha provato a sbloccarlo ma, avendo perso il contatto con la piattaforma, è caduto causando la fuoriuscita dell'alluminio fuso che è entrato in contatto con l'acqua di raffreddamento.

Eventi incidentali nelle fonderie per l'alluminio

24 marzo 2024

- **2 operai morti**
- **4 operai feriti**



A causa di un malfunzionamento del sistema di regolazione, si è avuto un decadimento del raffreddamento che ha causato la rottura della billetta provocando la fuoriuscita dell'alluminio che a sua volta è entrato in contatto con l'acqua di raffreddamento

Eventi incidentali nelle fonderie per l'alluminio

23 giugno 2024 Bolzano:

- ***Un operaio morto***
- ***5 operai gravemente ustionati***



L'evento è avvenuto durante la fase di avvio della colata semicontinua di billette di alluminio

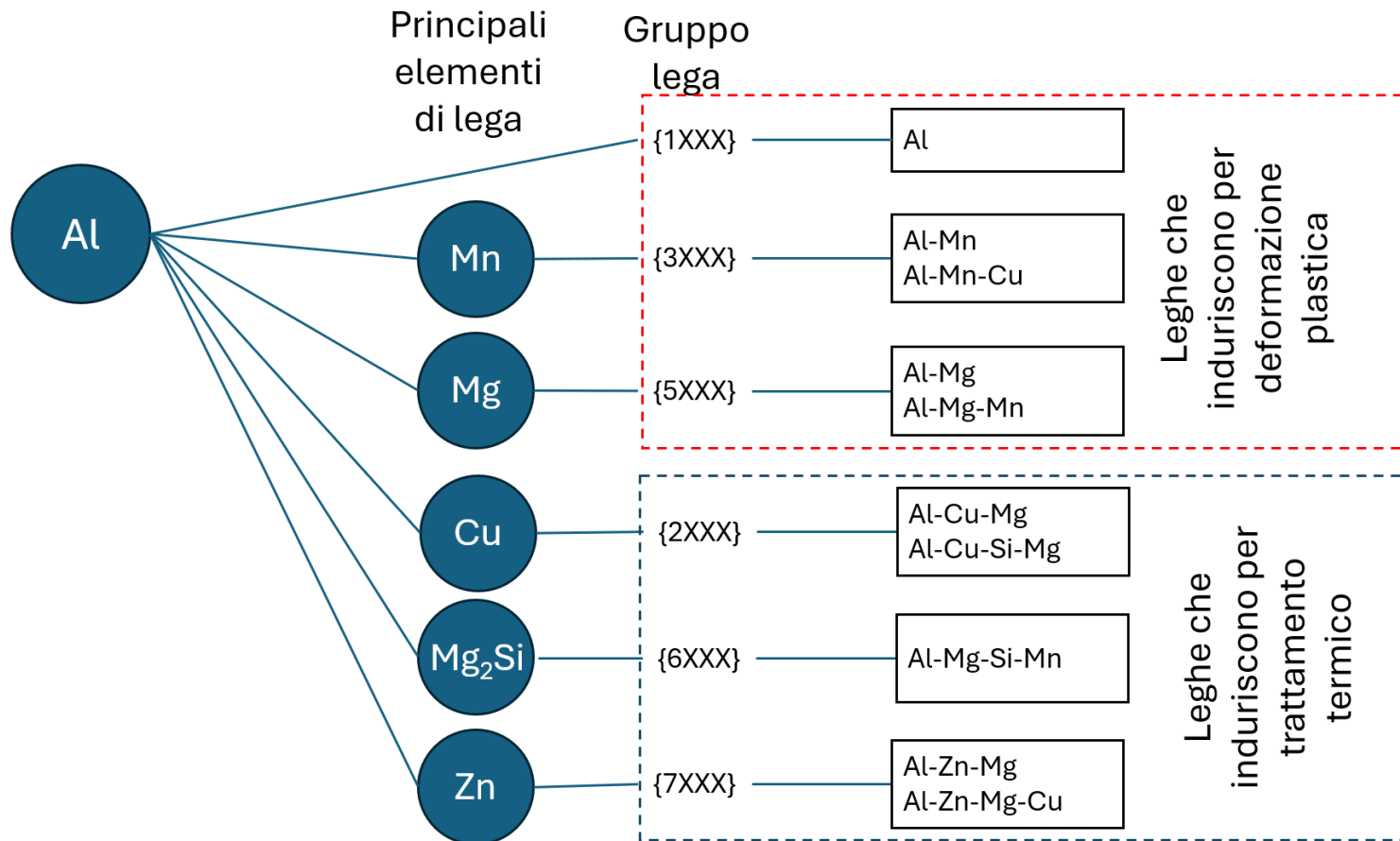


Processo di produzione di bramme e billette di alluminio: cenni

Fonderie alluminio secondario

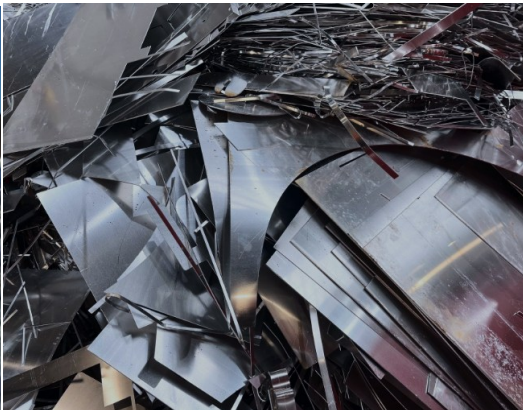
Rifusione di scarti di alluminio, rottami (rifiuti, sottoprodotti, E.O.W)

pani (primario) con controllo degli elementi di lega



Processo di fusione: raccolta scarti

Il metallo proveniente dai processi a valle o dal raccolta dei prodotti a fine vite sono stoccati in attesa di essere rifusi



Processo di fusione: carica

Scarti, pani di alluminio e allignati vengono caricati in forno in base alla tipologia di prodotto finale. Le eventuali aggiunte di Magnesio devono essere eseguite con attenzione



Processo di fusione: affinazione

Al fine di eliminare ossidi e/o altri inquinanti del metallo fuso, vengono caricati dei prodotti affinanti all'interno del metallo fuso



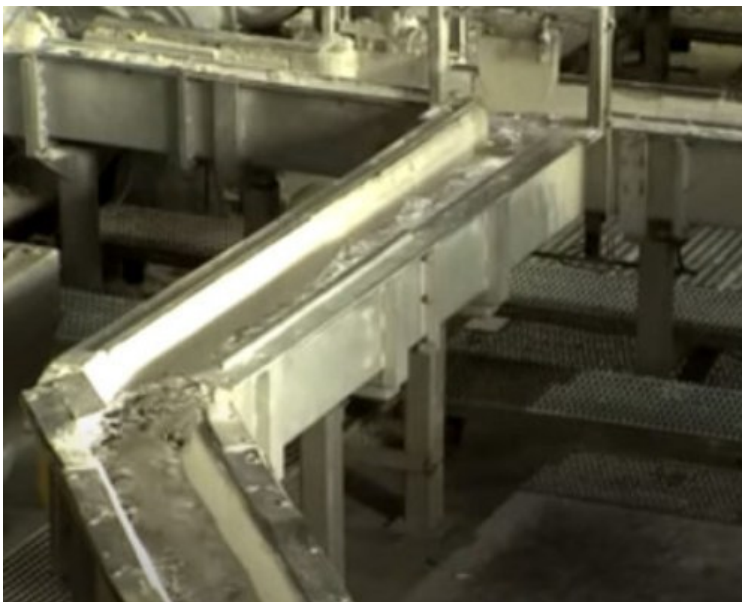
Processo di fusione: controlli

Terminata la fase di affinazione, vengono prelevati dei campioni per la verifica della composizione della lega



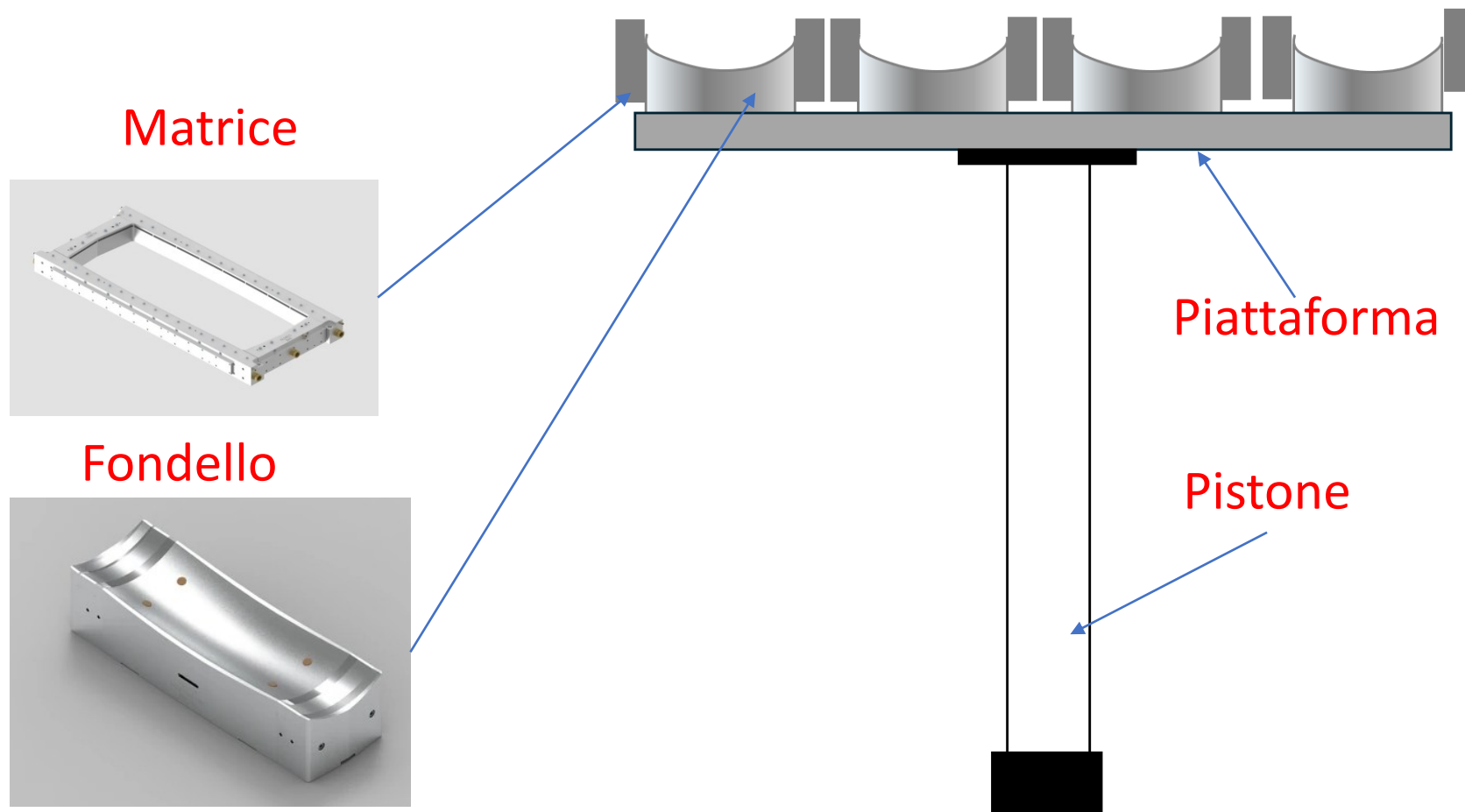
Processo di fusione: avvio colata

Verificato il titolo della lega, attraverso la “canala” di colata, l’alluminio viene trasferito dal forno alla “macchina di colata”



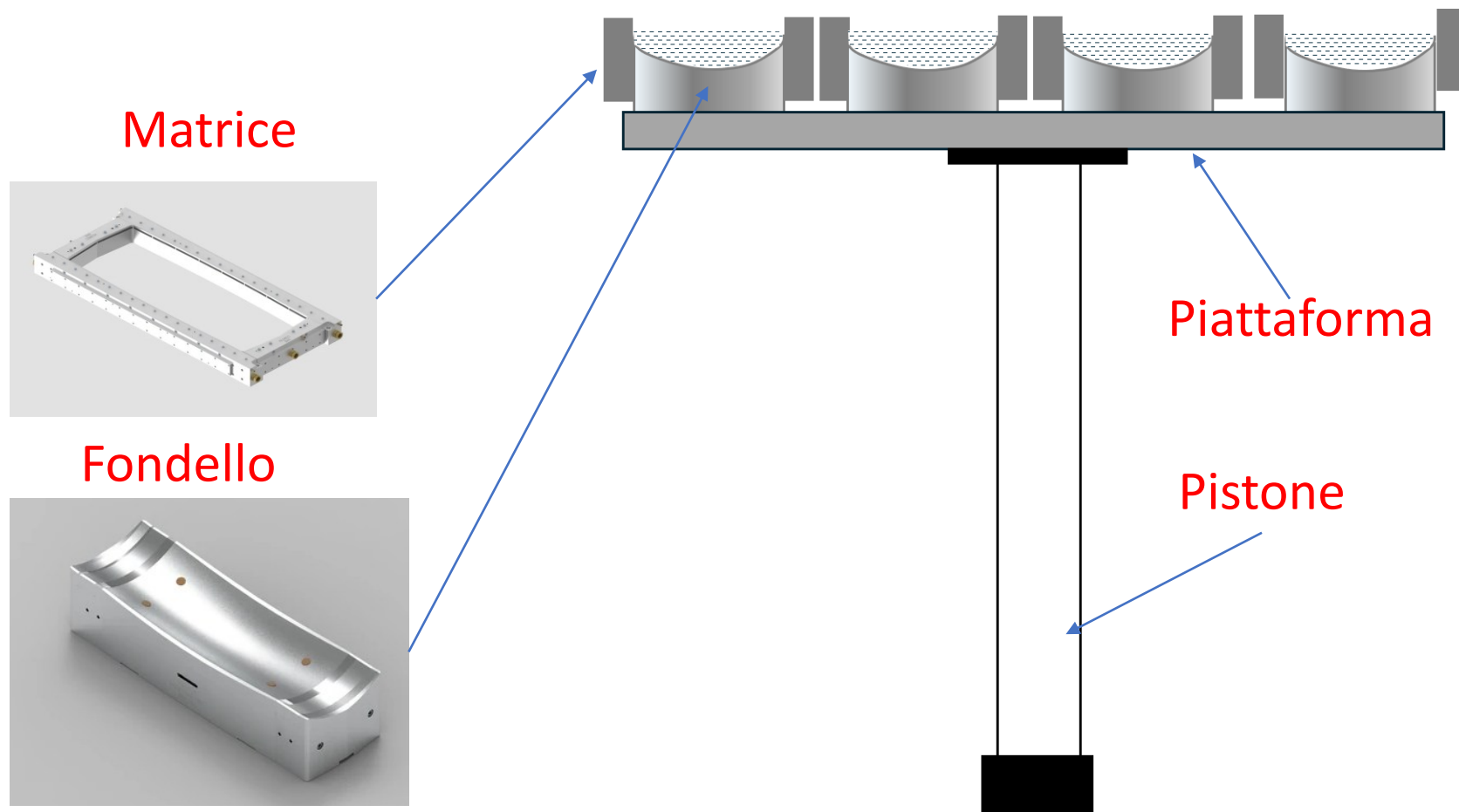
Colata

Il metallo spillato dal forno raggiungere la “macchina di colata”



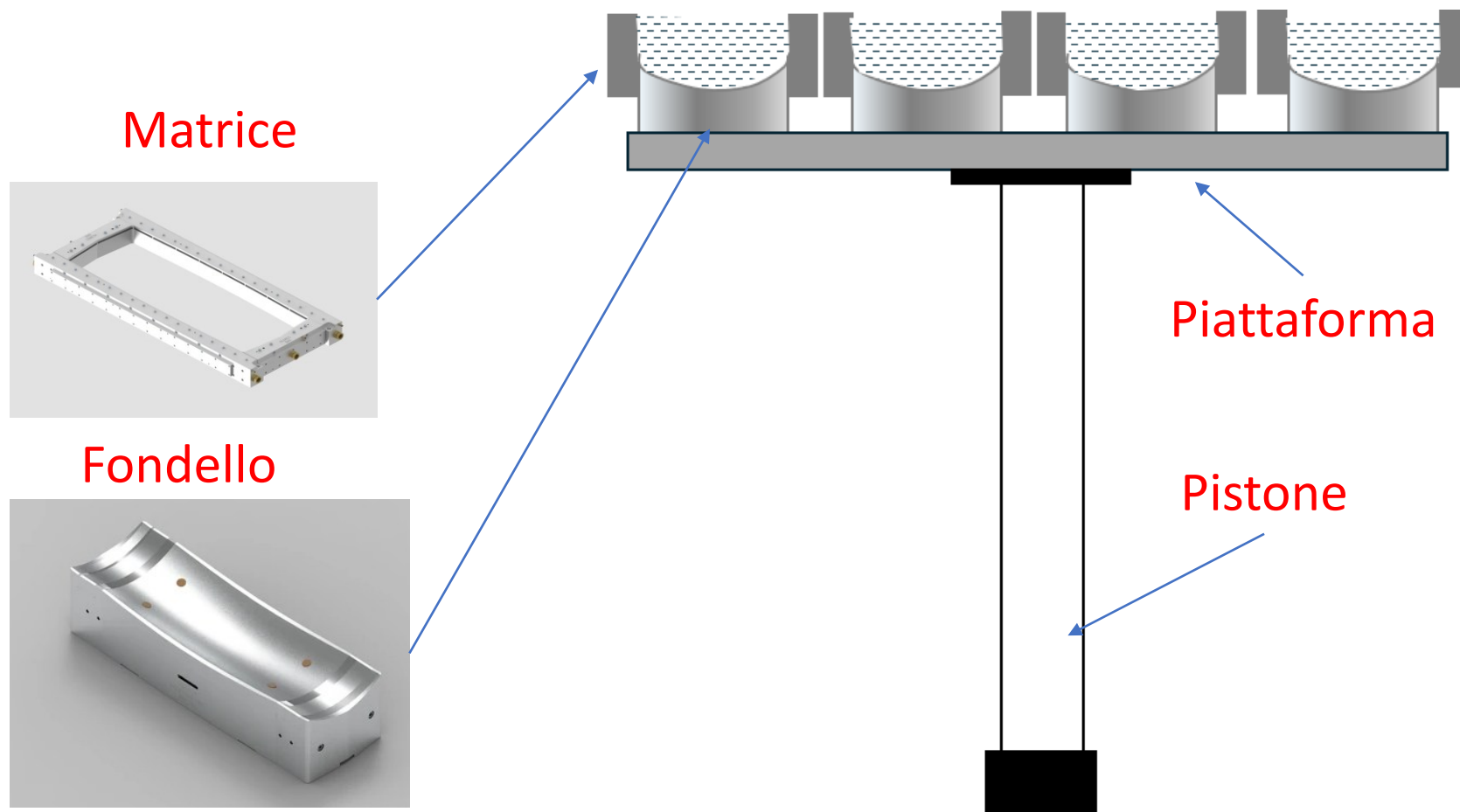
Colata

Il metallo inizierà a riempire i fondelli la matrice



Colata

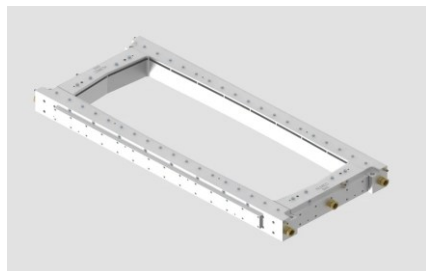
Successivamente la piattaforma che sostiene i fondelli inizierà la discesa mentre la matrice verrà raffreddata



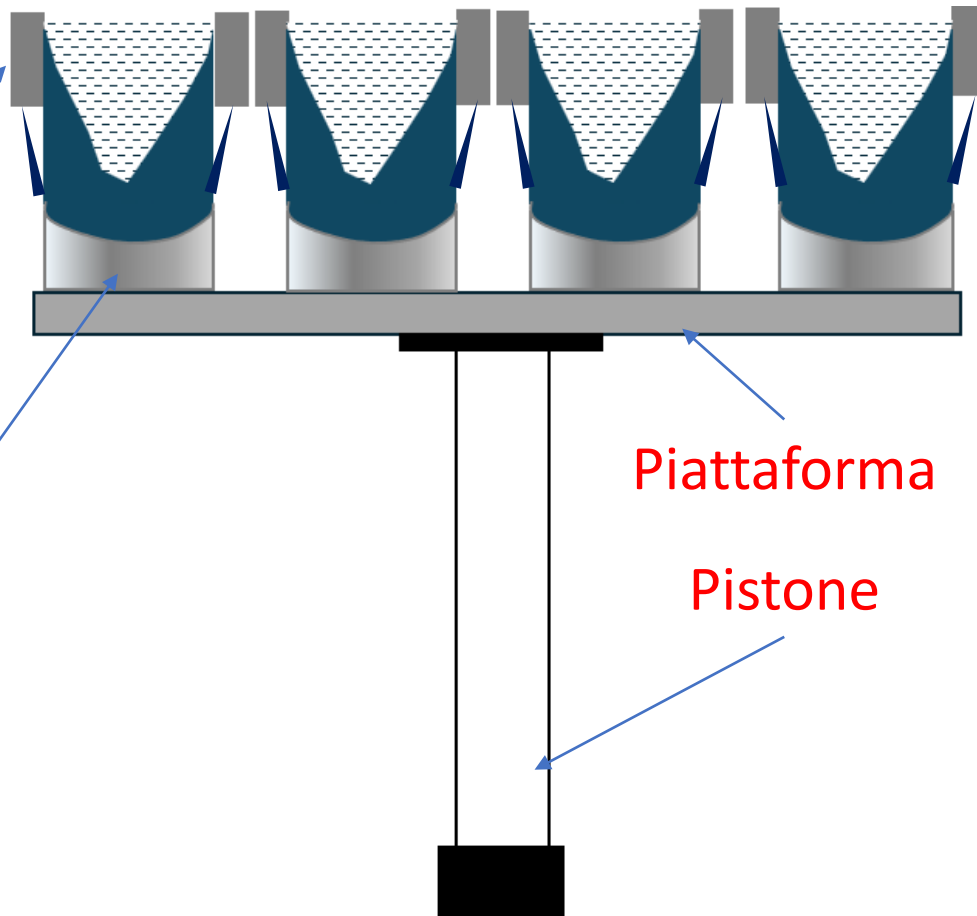
Colata

Continuerà l'aggiunta di alluminio mentre la piattaforma che sostiene i fondelli scende con attivazione del raffreddamento corticale diretto

Matrice



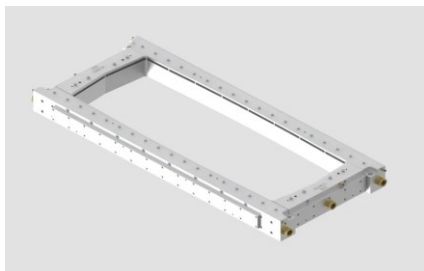
Fondello



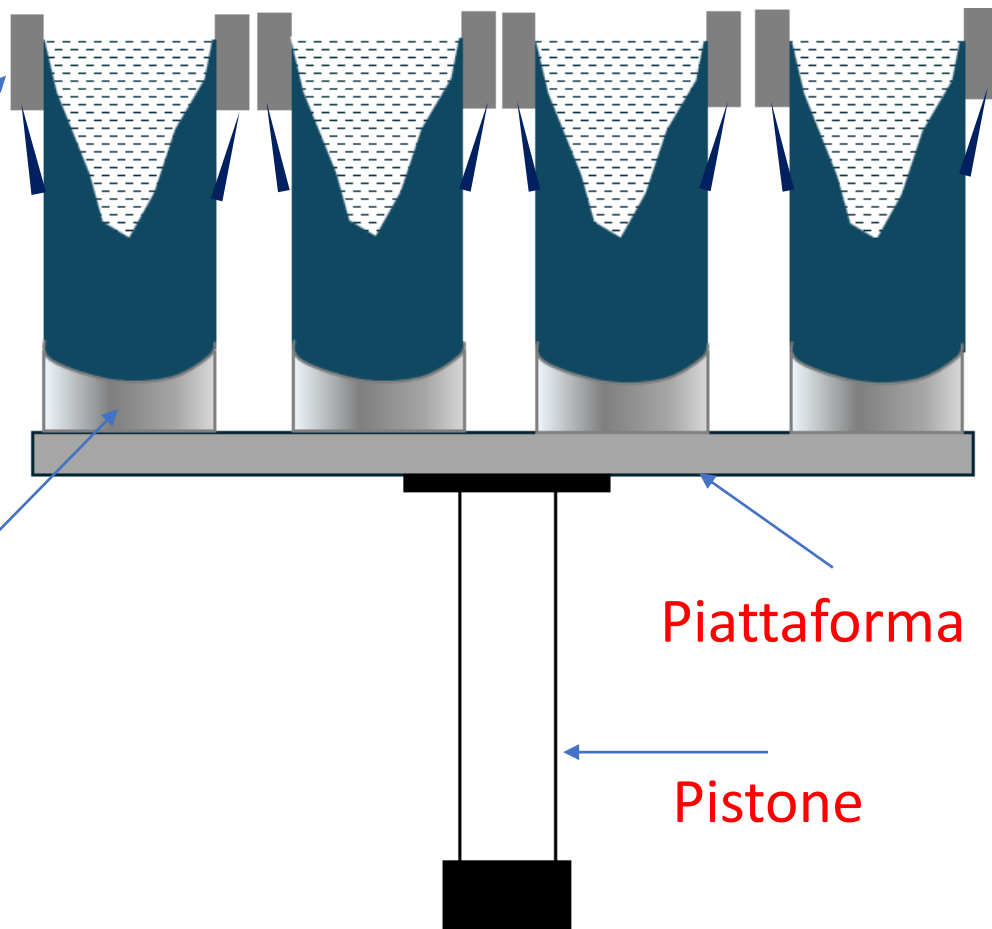
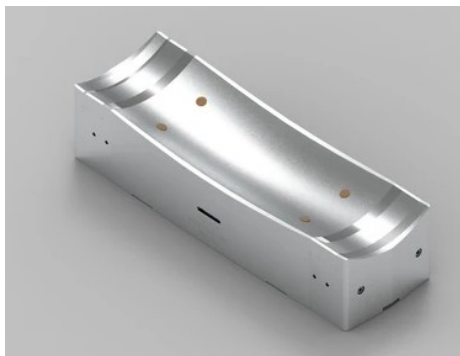
Colata

L'aggiunta di metallo avverrà fino al raggiungimento della lunghezza prevista della bramma o billetta

Matrice



Fondello

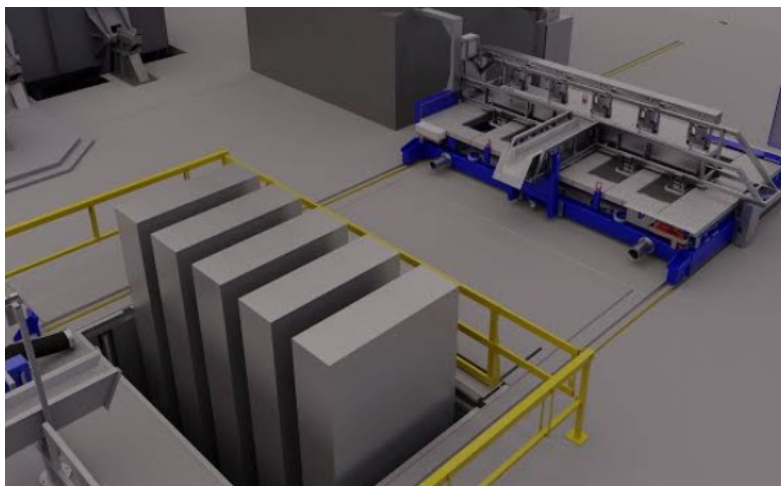


Piattaforma

Pistone

Fine colata

Raggiunta la lunghezza finale le canale verranno drenate, ripulite e i prodotti prelevati dopo la completa solidificazione





Fenomeno della “esplosione”



Affinità dell'alluminio con l'ossigeno

L'alluminio a contatto con l'aria sviluppa molto velocemente uno strato di ossido che protegge la parte sottostante da un'ulteriore ossidazione

La reazione genera la molecola Al_2O_3 con sviluppo di calore (trasformazione chimica)

“Esplosione” da alluminio fuso

Nei casi in oggetto l'episodio incidentale è dovuto al susseguirsi di più eventi dei quali il primo potrebbe non essere un'esplosione ma uno scoppio.



Ing. Fabio Scali

Rischio di proiezione di metallo fuso nelle fonderia per l'alluminio



Fenomeno dello scoppio

Questo fenomeno è dovuto al contatto di acqua con l'alluminio allo stato fuso (temperature metallo 660 – 750 °C)

In questa situazione si ha una trasformazione istantanea dell'acqua da liquido a vapore che si comporta da gas aumentando il suo volume di circa 1600 volte

L'effetto immediato è uno scoppio (non si ha una trasformazione chimica ma fisica)

Proiezione del metallo

A seguito dell'azione “meccanica” del vapore, il metallo liquido viene frammentato e proiettato nell'ambiente e, a causa della sua temperatura, è in grado di:

- 1. Causare ustioni al personale presente*
- 2. Innescare eventuali sostanze infiammabili o combustibili*





Reazione del metallo

La frammentazione del metallo provoca una miscelazione dell'alluminio con l'esterno grazie all'aumento della superficie di contatto, rispetto al suo volume.

Questa condizione permetterà di favorire la reattività dell'alluminio che potrà reagire sia con il vapore acqueo che ha causato la frammentazione del metallo che con l'aria esterna.

Si avviano quindi delle reazioni chimiche



Reazione del metallo

L'alluminio metallico allo stato fuso sottrarrà ossigeno dall'ambiente esterno e al vapore acqueo per formare ossido di alluminio.

Le reazioni sono principalmente 2:



Lo sviluppo di calore aumenterà sia la reattività che il volume della miscela nella quale sarà presente anche l'idrogeno, proveniente dalla scissione dell'acqua, pronto a reagire

Effetti combinati

Quindi ad una prima azione di proiezione del metallo si aggiungeranno le reazioni chimiche avviate prima dal calore posseduto da metallo e poi autosostenute della generazione di ulteriore calore

L'ossido di alluminio sotto forma di polvere è in grado di generare vistose nuvole bianche





Reattività del magnesio

Tra gli effetti secondari di una proiezione di alluminio, potrebbe esserci l'innesco del magnesio (alligante)

La combustione del magnesio avviene a oltre 2000° C e in queste condizioni l'acqua eventualmente utilizzata per estinguere un incendio darebbe luogo alle seguenti reazioni:





Esempio di attivazione: Avvio colata



Presenza acqua per il raffreddamento

La presenza del sistema di raffreddamento ad acqua rende la macchina di colata insidiosa in quanto dovrà accogliere la fase liquida dell'alluminio fuso che dovrà essere raffreddato fino alla parziale solidificazione



Scoppio per fondelli bagnati





Contromisure

Evitare la presenza di acqua attraverso una accurata asciugatura dei collaretti e fondelli prima dell'avvio della colata (preriscaldamento)

Obbligo di utilizzo di DPI specifici

Verifiche iniziali degli elementi di processo

Accurata gestione dei parametri di processo



Esempio di attivazione: Utilizzo di utensili



Contatto utensili metallici con alluminio fuso

In diverse fasi del processo è necessario utilizzare degli attrezzi per:

Prelevare campioni di alluminio

Effettuare regolazioni

Drenare alluminio della canale

Effettuare le attività di mescolamento e scorifica dei forni

Scoppio per utensili umido o ossidati



Scoppio per utensili umido o ossidati





Cause

Il fenomeno può essere provocato da:

Presenza di umidità sull'utensile metallico

Presenza di ossido di ferro: in questo caso l'alluminio fuso riesce a reagire con l'ossido di ferro sottraendo ad esso l'ossigeno per formare ossido di alluminio e ferro fuso (processo noto nella saldatura Alluminotermica)



Contromisure

Preriscaldare gli attrezzi prima di metterli a contatto con l'alluminio fuso

Trattamento degli utensili con prodotti che inibiscono l'ossido di ferro e quindi la reazione con l'alluminio



Esempio di attivazione: Carica metallo in forno



Umidità o altri attivatori

Il metallo solido può essere caricato in forni dove potrebbe essere già presente una massa di alluminio allo stato fuso.

In questi casi è necessario porre particolare attenzione alla fase di carica.

Scoppio durante la carica





Possibili cause

Presenza di umidità all'interno dello scarto

Presenza di elementi che trattengono l'umidità: lattine in alluminio

Presenza di nitrati organici che rilasciano rapidamente ossigeno all'alluminio facendoli detonare per creare ossido di alluminio e azoto

Presenza di nitrati inorganici che rilasciano ossido di alluminio azoto e idrogeno



Contromisure

Evitare che il metallo da caricare accumuli umidità

Prevedere metodi di asciugatura del metallo da caricare

***Evitare che elementi non previsti siano all'interno degli scarti:
procedure di selezione e gestione del metallo***

Divieto di sostare nelle aree antistanti l'area di carico forni

Obbligo di indossare i DPI



Conclusioni

L'esplosione è quindi una successione di due eventi un primo di tipo fisico e, solo successivamente, uno di tipo chimico

È necessario evitare l'innesco attraverso una corretta valutazione del rischio

È necessario fa rispettare corrette procedure di gestione del metallo e delle attrezzature

È necessario fa rispettare l'utilizzo di DPI e limitare la presenza di personale nelle aree a rischio



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Fabio Scali

fabi.scal@tiscali.it

347 305 8753