

## Costo Totale di Possesso di forni fusori per alluminio: evidenze empiriche nel settore della pressocolata

a cura di: Stefano Bonetti - Ricercatore Post-Doc Laboratorio RISE - Università degli Studi di Brescia

### INTRODUZIONE

I forni fusori per alluminio sono generalmente caratterizzati da ingenti costi di utilizzo, tra i quali spicca il costo dell'energia. In particolare, un'indagine svolta dalla North American Die Casting Association (NADCA) ha rivelato che il costo dell'energia consumata durante i processi di fusione e di mantenimento del bagno di alluminio fuso rappresentano, in media, il 77% della bolletta energetica di un'azienda di pressocolata.

Tuttavia, è altrettanto innegabile che i costi di utilizzo del forno siano influenzati dalle politiche gestionali ed organizzative che l'azienda decide di adottare, come il volume ed il mix di produzione, il numero di fermate programmate della linea di pressocolata e lo stato del forno durante queste interruzioni. Come si modificano i costi di un forno al variare di questi parametri? E quali sono le principali leve, in fase di acquisto e di utilizzo, per ridurre al minimo i costi di un forno?

Per rispondere a queste domande, il Laboratorio RISE (Research and Innovation for Smart Enterprises) dell'Università degli Studi di Brescia ha condotto, tra il 2013 e il 2015, un'indagine empirica tra le aziende di pressocolata, volta a realizzare e testare "sul campo" un modello di calcolo del Costo Totale di Possesso (Total Cost of Ownership, TCO) di forni fusori per alluminio.

### L'INDAGINE

Il modello è stato applicato a 8 piccole e medie aziende di pressocolata di alluminio operanti in Lombardia, produttrici di componenti per i settori degli elettrodomestici, dell'automotive, elettromeccanico e dell'arredo urbano. Come mostrato in Tab. 1, il modello è stato testato su 21 forni per la fusione di alluminio, di cui 8 a torre (o stack melter), 7 a riverbero e 6 a crogiolo, tutti alimentati a gas naturale.

Tab. 1 - Il campione d'indagine

Azienda	Dimensione	Volume di produzione [ton/anno]	Numero di forni			Settori di sbocco
			Torre	Riverbero	Crogiolo (a gas)	
A	Media	900	-	-	4	Componenti d'arredo, illuminotecnica
B	Piccola	800	-	2	2	Elettrodomestici, automotive, elettromeccanico
C	Media	7.000	2	-	-	Elettrodomestici, automotive, elettromeccanico, componenti d'arredo
D	Piccola	700	-	1	-	Elettrodomestici, componenti d'arredo, illuminotecnica
E	Media	1.800	-	1	-	Elettrodomestici, automotive, elettromeccanico, componenti d'arredo
F	Piccola	600	-	2	-	Elettrodomestici, automotive, elettromeccanico, componenti d'arredo, illuminotecnica, idro-termo-sanitario
G	Media	10.500	3	1	-	Elettrodomestici, automotive, elettromeccanico, componenti d'arredo
H	Media	11.000	3	-	-	Automotive, elettromeccanico
<b>TOTALE</b>	<b>-</b>	<b>33.300</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>-</b>

# Attualità industriale

Come mostrato in Fig. 1, il modello realizzato tiene conto di tutti i costi monetari che un'azienda di pressocolata sostiene lungo il ciclo di vita di un forno fusorio, suddivisi in:

- costi di investimento (capital expenditures, CAPEX), che l'azienda sostiene per acquistare il forno e la relativa attrezzatura. A loro volta, questi costi includono:
  - il prezzo di acquisto del forno, eventualmente comprensivo dei servizi di consegna, installazione e messa in servizio del forno stesso;
  - il costo delle attrezzature e dei macchinari di asservimento (es. sistemi di carico e scarico automatizzati);
- costi operativi (operating expenditures, OPEX), che l'azienda utilizzatrice per mantenere in funzione e in condizioni di massima efficienza il forno. A loro volta, questi costi includono:

- il costo delle fonti di energia consumate dal forno (es. gas naturale);
- il costo del personale diretto e indiretto assegnato al forno (es. operatori, manutentori, capireparto e supervisori);
- il costo dei materiali diretti e indiretti consumati dal forno (es. cali di fusione, materiale refrattario, sali di scorifica).

Il TCO del forno risulta, pertanto, pari alla somma dei costi sopra elencati. Poiché la vita utile dei forni analizzati varia considerevolmente, passando da 10-15 anni per i forni a crogiolo a 20-25 anni per quelli a torre, tutti i costi considerati sono stati attualizzati all'anno di acquisto del forno, per rendere più "equo" il confronto tra le varie alternative.

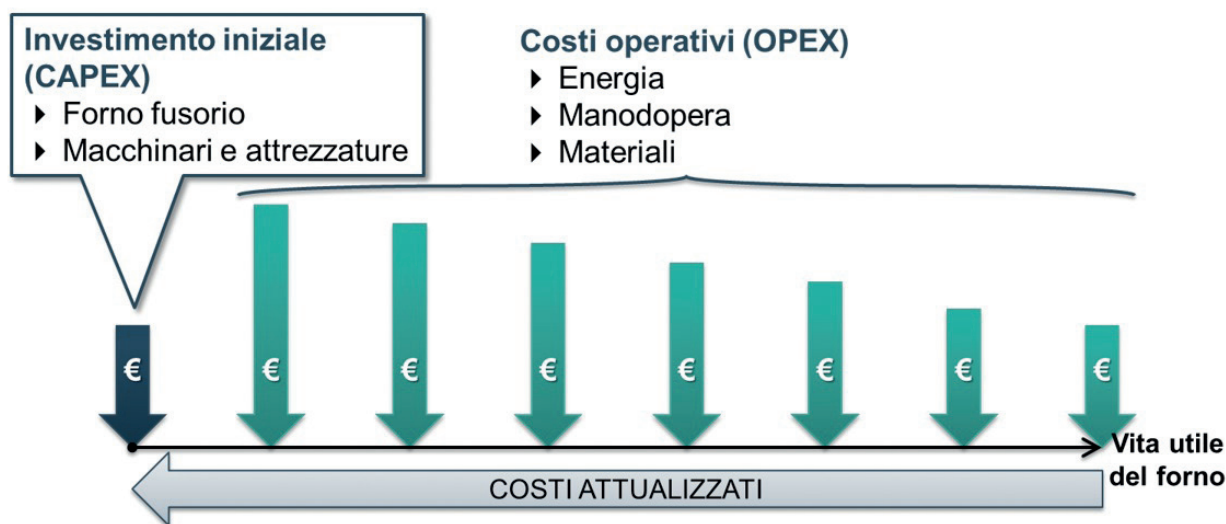


Fig. 1 - Struttura del modello di TCO dei forni fusori

## I RISULTATI DEL MODELLO

Come mostrato in Fig. 2, l'impatto dei costi di investimento (CAPEX) sul TCO di un forno fusorio è marginale: in particolare, il prezzo di acquisto rappresenta solamente il 4% dei costi lungo il ciclo di vita di un forno. Per quanto riguarda i costi operativi (OPEX), la manodopera (37%) e i materiali consumati dal forno (36%) hanno un impatto maggiore sul TCO rispetto all'energia (23%).

Nel complesso, i forni a torre e a riverbero hanno i TCO più bassi (in media 102-113 [€/ton]) del campione, mentre gli utilizzatori di forni a crogiolo alimentati a gas sostengono costi nettamente superiori (in media 274 [€/ton]). I dati riportati in Tab. 2 suggeriscono che il prezzo d'acquisto non è l'unica variabile da tenere in considerazione nella scelta tra tecnologie fusorie alternative, ma vi sono altre caratteristiche tecniche da valutare, tra cui la capacità produttiva, l'efficienza termica e il calo di fusione del forno.

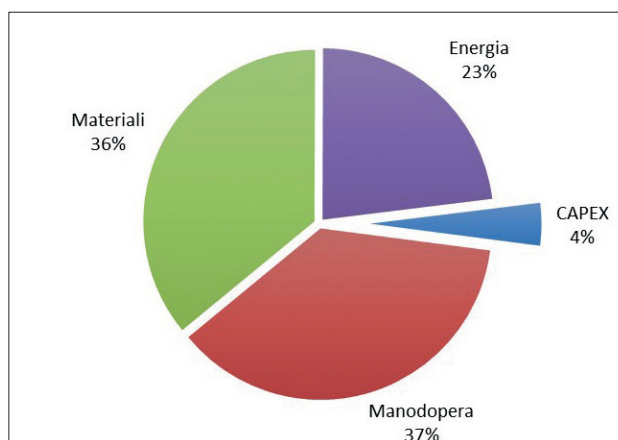


Fig. 2 - Il TCO dei forni fusori analizzati

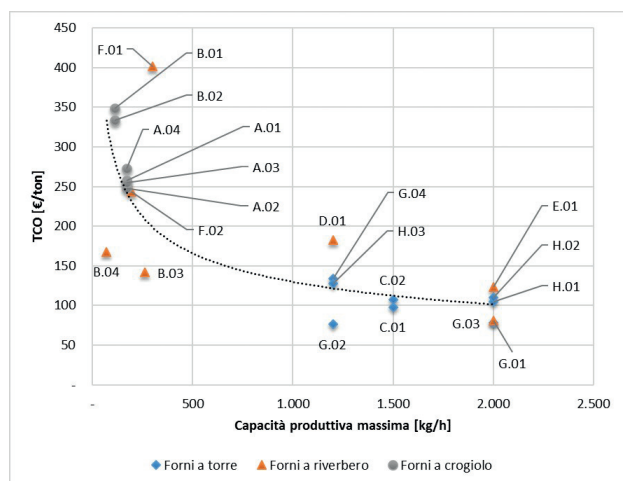
**Tab. 2** - Confronto tra le caratteristiche dei forni fusori analizza

Voce	U.M.	Forni a torre	Forni a riverbero	Forni a crogiolo (a gas)
Prezzo di acquisto	[€]	125.000–325.000	90.000–180.000	15.000–25.000
Capacità produttiva	[kg/h]	1.200–2.000	250–2.000	100–200
Efficienza termica	[%]	40–50%	35–40%	10–20%
Calo di fusione	[%]	1,5–2%	2–5%	3–5%
<b>TCO</b>	<b>[€/ton]</b>	<b>102,31</b>	<b>112,63</b>	<b>274,07</b>

Come mostrato nella Fig. 3, i forni fusori analizzati tendono a dividersi in due gruppi:

- i forni a torre sono generalmente caratterizzati da elevate capacità produttive (1.200-2.000 [kg/h]) e da bassi TCO (76-130 [€/ton]). Questi forni, pertanto, appaiono adatti per le aziende che realizzano produzioni su larga scala, interessate a massimizzare la propria efficienza produttiva, anche al prezzo di una certa "rigidità" rispetto ai volumi di produzione;
- i forni a crogiolo hanno caratteristiche complementari a quelli a torre, in altre parole hanno capacità produttive tendenzialmente basse (100-200 [kg/h]) e un elevato TCO (240-350 [€/ton]). I principali destinatari di questi forni sono, quindi, le aziende che fanno della flessibilità di produzione (es. frequenti cambi lega o modifiche al mix di produzione) il proprio obiettivo primario, nonostante ciò implichi costi di produzione unitari relativamente alti.

I forni a riverbero hanno capacità produttive e costi estremamente variabili. In particolare, i forni di "grossa taglia", con capacità produttive nell'ordine dei 1.200-2.000 [kg/h], hanno costi molto simili ai forni a torre. Viceversa, i forni di "piccola taglia", con capacità produttive nell'ordine dei 50-300 [kg/h], presentano anche una dispersione maggiore rispetto alla curva interpolante di Fig. 3. Ciò è, con ogni probabilità, dovuto a differenze nelle politiche di esercizio e di manutenzione adottate dalle aziende utilizzatrici di questi forni.

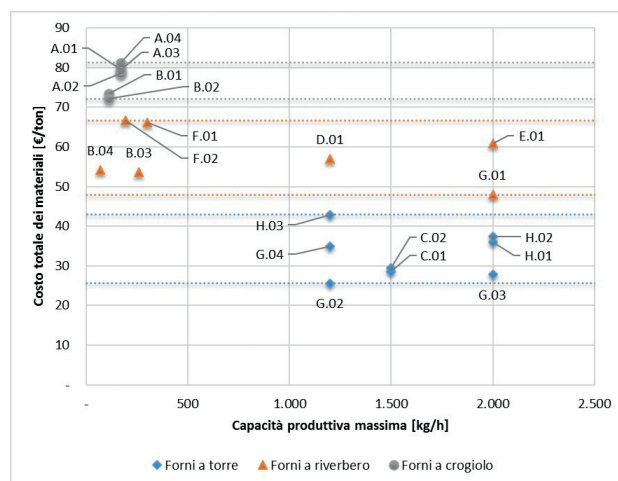


**Fig. 3** - Relazione tra il TCO e la capacità produttiva massima dei forni fusori

Analizzando il costo totale dei materiali (Fig. 4), si notano anche in questo caso significative differenze tra le diverse categorie di forni:

- i forni a torre sono caratterizzati dai costi dei materiali più bassi (25-43 [€/ton]), principalmente perché garantiscono un limitato calo di fusione (1-2%);
- i forni a crogiolo, al contrario, hanno un maggiore calo di fusione (3-4%) e volumi di produzione ridotti: di conseguenza, sono caratterizzati da ingenti costi dei materiali (72-81 [€/ton]);
- i forni a riverbero si collocano "a metà strada" (47-67 [€/ton]) tra le altre due categorie, in quanto da un lato hanno volumi di produzione comparabili a quelli dei forni a torre, ma d'altra parte hanno anche cali di fusione maggiormente variabili (2-5%).

Nonostante il calo di fusione sia il principale fattore determinante del costo totale dei materiali, non è da trascurare in questa analisi il consumo di materiale refrattario lungo la vita utile del forno. In particolare, tutte le aziende intervistate procedono almeno una volta all'anno al rifacimento dell'involucro refrattario, con costi variabili tra i 700 e i 9.000 [€/anno], a seconda delle dimensioni del forno. Tuttavia, i forni a torre e a riverbero hanno dimensioni notevolmente maggiori rispetto a quelli a crogiolo, ma d'altra parte il loro volume di produzione è sensibilmente più elevato: di conseguenza, questi forni hanno costi unitari di rifacimento dell'involucro refrattario tendenzialmente più bassi.



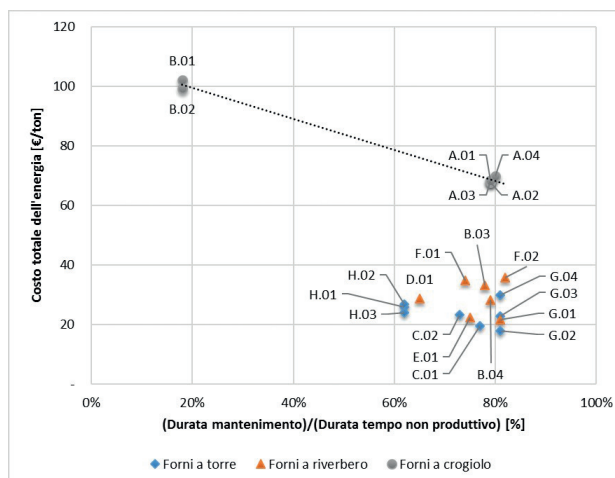
**Fig. 4** - Relazione tra il costo totale dei materiali e la capacità produttiva massima dei forni fusori



# Attualità industriale

Come suggerito dalla Fig. 5, il costo totale dell'energia è fortemente influenzato non solo dalla tecnologia fusoria implementata dal forno, bensì anche dalle modalità di utilizzo adottate dall'azienda. In particolare:

- i forni a torre e a riverbero sono caratterizzati da costi (18-36 [€/ton]) decisamente inferiori rispetto a quelli dei forni a crogiolo (68-102 [€/ton]), grazie soprattutto ad efficienze termiche (35-50%) sensibilmente superiori a quelle garantite da questi ultimi (10-20%);
- l'azienda B adotta una politica di spegnimento e riaccensione differente dal resto del campione. Infatti, questa azienda decide di spegnere i propri forni a crogiolo ogni volta che la produzione si interrompe, anche per intervalli di tempo relativamente limitati (es. weekend). Le altre aziende del campione, al contrario, spengono i propri forni solo durante periodi prolungati di inattività (es. chiusura estiva e natalizia) e in caso di guasti e malfunzionamenti del forno, lasciandolo in funzione in modalità di "mantenimento" per il resto del tempo. Il confronto tra i costi dei forni B.01 e B.02 (99-102 [€/ton]) e quelli degli altri forni a crogiolo (68-70 [€/ton]) suggerisce, in modo abbastanza inequivocabile, che la strategia ottimale è ridurre al minimo indispensabile il numero di fermate del forno.



**Fig. 5** - Relazione tra il costo totale dell'energia e le modalità di utilizzo dei forni durante il tempo non produttivo

## CONCLUSIONI

Dai risultati dell'indagine empirica presentata in questa memoria, è possibile individuare alcune leve che le aziende di pressocolata possono applicare per ridurre i costi di un forno fusorio (Tab. 3).

**Tab. 3** - Leve per ridurre il TCO di un forno fuso

Leve di acquisto		Leve di utilizzo
<b>Leve tecnologiche</b>	Acquistare forni ad alte prestazioni	Mantenere in condizioni di massima efficienza il forno
<b>Leve gestionali</b>	Ridurre il prezzo di energia ed alluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sfruttare le economie di scala</li> <li>• Ridurre il numero di fermate</li> <li>• Monitorare i consumi</li> </ul>

L'acquisto di forni ad alte prestazioni, come i forni a torre, è una leva di primaria importanza in fase di selezione di un nuovo forno fusorio: i costi dei materiali e dell'energia sono, infatti, largamente influenzati dal calo di fusione e dall'efficienza termica del forno, i quali a loro volta dipendono dalla tecnologia fusoria implementata. Inoltre, è opportuno che il forno sia mantenuto in condizioni di massima efficienza, ad esempio tramite interventi mirati di manutenzione o di revamping, per evitare che le sue prestazioni peggiorino nel tempo. Sfruttare il più possibile le economie di scala, ad esempio

centralizzando la produzione in pochi forni di "grossa taglia", e ridurre al minimo indispensabile il numero di fermate sono le due principali leve gestionali per la riduzione dei costi a disposizione del responsabile di fonderia. Considerando l'area acquisti aziendale, l'adozione di politiche volte alla riduzione dei prezzi dell'energia e dell'alluminio (es. adesione a gruppi d'acquisto) ha indubbiamente ricadute sui costi di utilizzo di un forno. Infine, non è da trascurare l'importanza di adottare un sistema di monitoraggio dei consumi di energia e di materiali: in fin dei conti, non si può migliorare ciò che non è misurato.