

■ P R E S S O C O L A T A ■

SSR™ Semi-Solid Rheocasting

J. Yurko, R. Boni

Il processo IdraPrince SSR™ (Semi-Solid Rheocasting) è una nuova tecnologia sviluppata da Idra profondamente diversa da tutti gli altri processi sviluppati precedentemente nell'area delle leghe allo stato semi-solido. A differenza delle altre tecnologie il vantaggio competitivo dell'SSR™ è di utilizzare leghe commerciali secondarie quali EN 46000, senza aggravio di costi della materia prima per migliorare la qualità dei getti utilizzando macchine di pressofusione tradizionali.

In questo modo la tecnologia SSR™ diventa giustificata non solo per particolari ad alta integrità prodotti in leghe primarie ma il risparmio dovuto alla riduzione del tempo ciclo, alla maggior durata degli stampi e all'eliminazione totale dell'impregnazione o quanto meno una sua drastica riduzione come di certe fasi della lavorazione meccanica, giustifica economicamente l'uso dell'SSR™ con un tempo di ritorno dell'investimento, in qualche caso inferiore ai 12 mesi.

Parole chiave: pressocolata, alluminio e leghe, solidificazione, tixoformatura

INTRODUZIONE

Nel 2004, IdraPrince ha perseguito un programma congiunto con due diversi clienti per provare la fattibilità commerciale e l'affidabilità del processo SSR™.

Lo scopo primario del progetto era quello di dimostrare con successo che l'SSR™ è un perfezionamento del processo ed un miglioramento del prodotto per la pressofusione tradizionale. In particolare, i clienti erano interessati a verificare i seguenti miglioramenti ottenibili con l'SSR™:

- Produzione di getti pressofusi con lega 380 di qualità superiore, principalmente grazie alla riduzione della porosità
- Riduzione del tempo di ciclo
- Aumento della vita degli stampi
- Eliminazione di operazioni secondarie come impregnazione e lavorazione meccanica
- Riduzione dell'usura delle macchine di pressofusione per la bassa velocità d'iniezione richiesta ed il conseguente minor impatto.

Per provare ulteriormente i vantaggi del processo, i clienti hanno voluto osservare il funzionamento dell'SSR™ in condizioni di produzione industriale per meglio rispondere alle seguenti domande:

- L'impianto ed il processo SSR™ sono sufficientemente solidi ed affidabili per resistere al difficile ambiente della fonderia?
- Quale è la gamma di dimensioni e geometria dei pezzi che possono essere prodotti con l'SSR™?
- Sviluppare la comprensione dei progetti di attacco di colata e canali, e dei parametri principali del processo per ottenere la più alta qualità dei getti.

Per meglio comprendere queste domande sul processo, sono state effettuate una serie di prove

PROVE

Sono stati selezionati tre getti per la produzione in SSR™; una valvola freno, un supporto filtro pompa olio, e un coperchio valvole, che sono mostrati nella Figura 1.

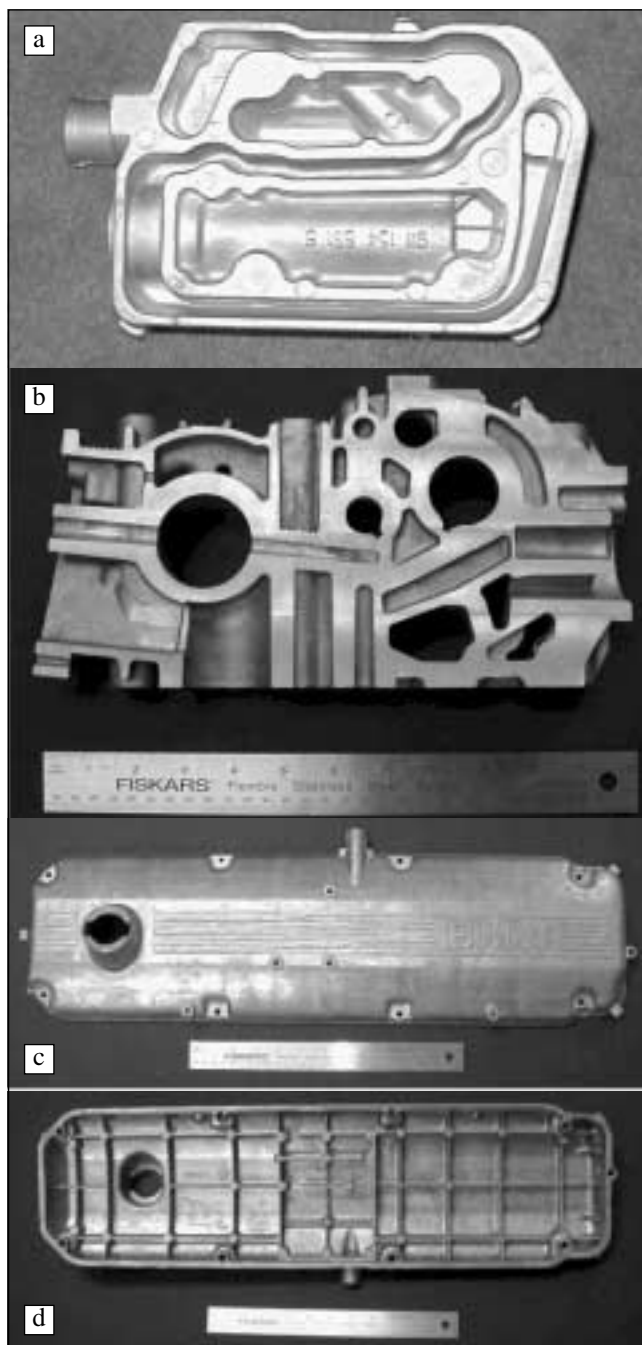
Jim Yurko
Responsabile tecnologie
& metallurgia Idra Prince

Roberto Boni
Direttore Marketing Idra Casting Machines

Memoria presentata alla Giornata di studio
AIM "L'isola di pressocolata"
Vicenza, 28 giugno 2005

*Fig. 1 – (a) valvola freno,
(b) supporto filtro pompa olio,
(c) e (d) coperchio valvole.*

*Fig. 1 – (a) brake housing, (b)
oil pump filter housing, (c)
and (d) valve cover.*



Parametro	Unità di Misura	Pressofusione	SSR™
Tempo Ciclo	s	50	40
Tempo di solidificazione	s	15	7
Velocità pistone	m/s (in/s)	5 (200)	0.1-0.15 (4 - 6)
Velocità attacco di colata	m/s (in/s)	50 (2000)	2-3 (80 - 120)
Pressione di moltiplicazione	bar (psi)	1,000 (14,500)	1000 (14,500)
Durezza Brinell	HB	100-110	100

Tab. 1 – Parametri Valvola Freno.

Table 1 – Bracke Housing Parameters.

Parametro	Unità di Misura	Pressofusione	SSR™
Peso getto stampato	Kg/pounds	6.5/14.3	6.5/14.3
Temperatura forno	°C/°F	720/1330	640/1185
Temperatura versamento	°C/°F	720/1330	588/1090
Tempo ciclo	s	120	86-90
Tempo di Solidificazione	s	30	28
Velocità 1ª Fase	m/s (in/s)	0.25-0.30 (10-12)	0.36 (14)
Velocità 2ª Fase	m/s (in/s)	2.03-2.54 (80-100)	N/A
Pressione Finale Metallo (Moltiplicazione)	bar (psi)	1000 (14,500)	800 (11,600)

Tab. 2 – Parametri Supporto Filtro Pompa Olio.

Table 2 – Oil Pump Filter Housing Parameters.

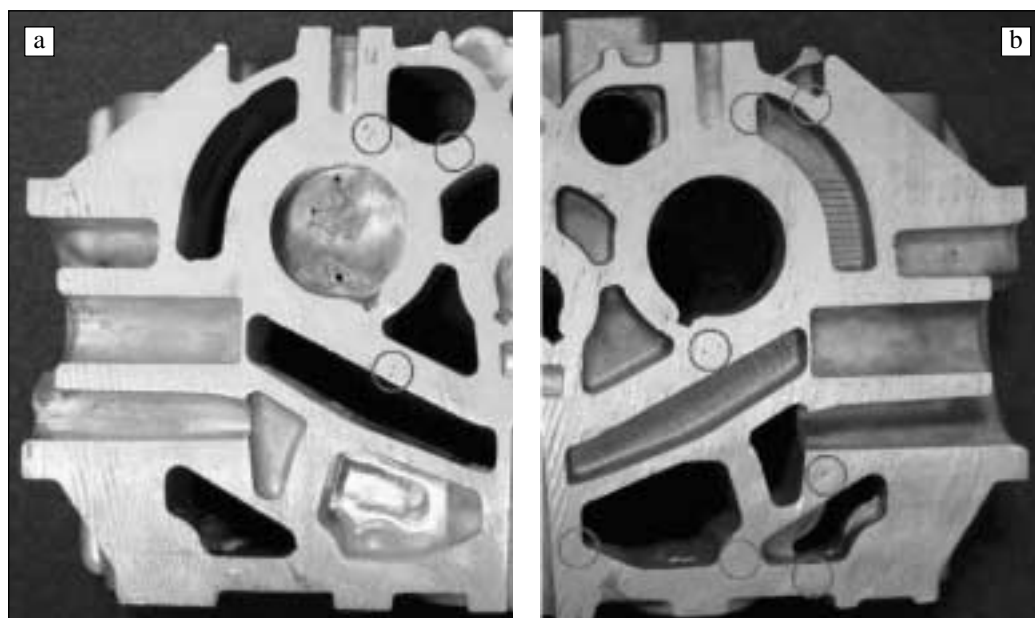


Fig. 2 – Sezioni del getto "Supporto filtro pompa olio" prodotto (a) con SSR™ e (b) con pressofusione.

Fig. 2 – Sections of the oil pump filter casting produced (a) with SSR and (b) with die casting.

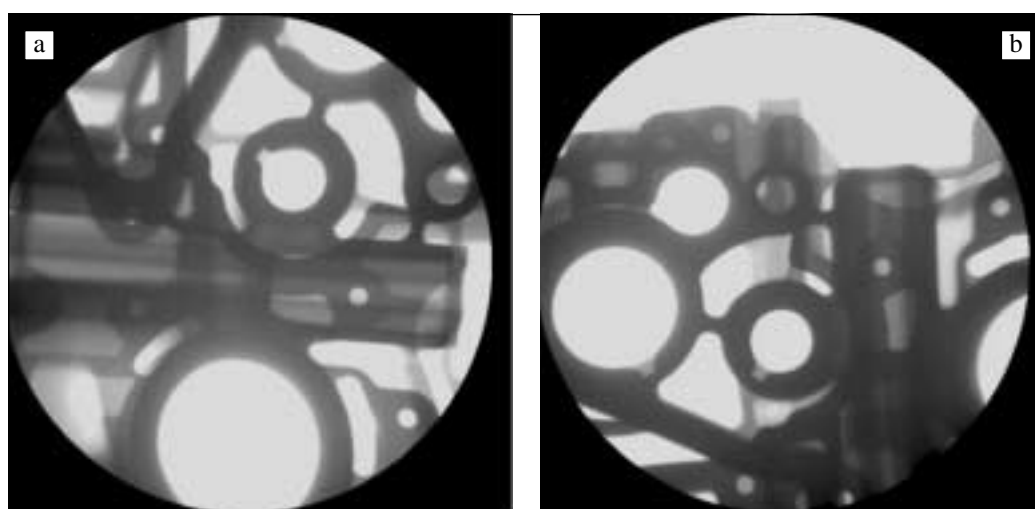


Fig. 3 – Immagini ai raggi X del getto "Supporto filtro pompa olio" prodotto col processo SSR™.

Fig. 3 – X-ray images of oil pump filter casting produced with SSR™ process.

Valvola freno

La valvolafreno rappresenta un getto sensibile alla pressione e richiede una porosità ridotta al minimo perché sottoposto

a prova di tenuta e a lavorazione. Lo spessore della parete è notevole per un pezzo pressofuso e il getto richiede diverse lavorazioni meccaniche dopo lo stampaggio.

Tab. 3 – Parametri Coperchio Valvole.

Table 3 – Valve Cover Casting Parameters.

Parametro	Unità di Misura	Pressofusione	SSR™
Peso getto	kg/pounds	3.5/7.7	4.2/9.2
Temperatura di Versamento	°C/°F	720/1330	588/1090
Tempo Ciclo	s	65	75
Tempo di Solidificazione	s	13	13
Velocità 1ª Fase	m/s (in/s)	0.25-0.30 (10-12)	0.5 (20)
Velocità 2ª Fase	m/s (in/s)	3.5 (140)	3.5 (140)
Pressione Finale Metallo (Moltiplicazione)	bar (psi)	600 (6,700)	1250 (18,100)

E' stata effettuata un prova con l'SSR per determinare se il getto poteva essere realizzato con la lega SSR 380 (EN 46000) e per vedere i risultati del processo SSR™ su porosità e durezza. Un unico lungo attacco di colata di 5 mm di spessore percorreva il 75% della lunghezza del getto.

La tabella 1 riassume i parametri della prova.

Ai raggi X la pompa freno ha dimostrato visivamente una ridotta porosità se confrontata con la pressofusione tradizionale.

I risultati della prova sono i seguenti:

- Capacità dell' SSR™ di riempire il getto lentamente
- Ridotta porosità
- Mantenimento di una alta durezza del getto
- Riduzione del tempo ciclo.

Supporto filtro pompa olio

Il supporto filtro pompa olio è un getto sensibile alla pressione e che richiede una ampia lavorazione, impregnazione, e lungo tempi ciclo. Il getto era stato trasformato in origine dalla gravità alla pressofusione; quindi lo spessore della parete è abbastanza consistente ed il getto non è semplice da produrre.

La prova con l' SSR™ è stata effettuata per determinare se il getto poteva essere prodotto con ridotta porosità (verificata con prova di tenuta e ai raggi X), ridotto tempo ciclo, e inferiori angoli di sforno. Il pezzo pressofuso non ha superato la prova di tenuta a 5 bar senza impregnazione – il 100% dei getti SSR™ hanno invece superato questa prova di tenuta senza impregnazione. I getti inoltre avevano angoli di sforno di 0.2°, eliminando in questo modo le lavorazioni meccaniche. Lo spessore dell'attacco di colata è aumentato a 5 mm. Il tempo ciclo si è ridotto del 25%.

La superficie lucidata delle sezioni del getto, i raggi X, e la prova di tenuta hanno evidenziato una riduzione di porosità. Le Figure 2 e 3 mostrano i risultati fotografici e ai raggi X della riduzione di porosità.

Il pezzo rappresenta un ottimo esempio di getto pressofuso che trarrebbe molti vantaggi dall' SSR™:

- La riduzione del tempo ciclo permette la produzione oraria di una maggiore quantità di pezzi con la stessa macchina di pressofusione.
- Inferiori angoli di sforno riducono le fasi di lavorazione.
- La maggiore tenuta elimina la necessità di una costosa impregnazione.
- Il minor tempo di lubrificazione riduce l'utilizzo della lubrificazione
- La ridotta temperatura del metallo aumenta la vita dello stampo e delle matrici.

Coperchio valvole

Il pezzo coperchio valvole è stato prodotto per comprendere tutte le potenzialità del processo SSR™. Lo spessore della parete era in media 4 mm, ma in alcune zone per pezzo lo spessore oscillava da 2.5 a 3 mm. Dei tre getti, questo pezzo era stato testato di meno, per cui l'ottimizzazione era limitata.

Il getto necessita il superamento delle prove ai raggi X e al-

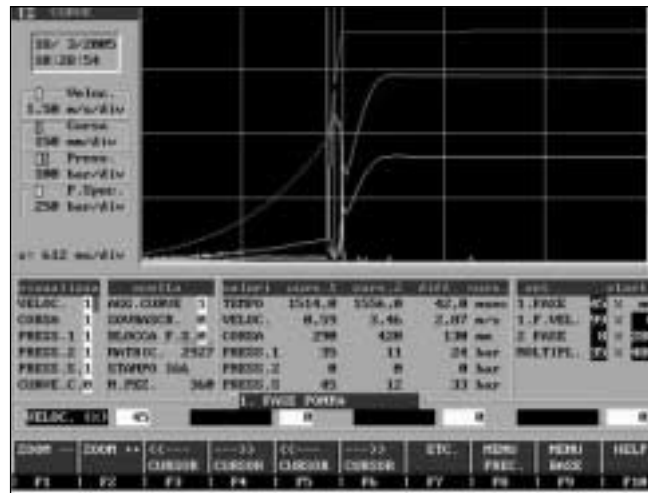


Fig. 4 – Curva iniezione del getto coperchio valvola. La velocità iniezione (in azzurro), raggiunge un massimo di 3.5 m/s con una velocità di canale di colata di 10 m/s. Il tempo di riempimento era circa 100 ms.

Fig. 4 – Shot trace from the valve cover casting. Injection speed (light blue), reaches a maximum of 3.5 m/s for a gate speed of 10 m/s. Fill time was approximately 100 ms.

l'ispezione visiva, e il pezzo prodotto col l' SSR™ ha corrisposto ai requisiti. La tabella 3 mostra i relativi parametri. I parametri non mostrano vantaggi con l' SSR™; tuttavia si deve notare che né il tempo ciclo né il progetto dell'attacco di colata era stati ottimizzati per ridurre l'utilizzo di metallo. Mentre le velocità del pistone erano effettivamente le stesse, la velocità dell'attacco di colata con pressofusione convenzionale era quasi il doppio della velocità dell'attacco SSR™ a causa della ridotta area dell'attacco di colata. La pressione del metallo era molto più elevata nel getto SSR™; tuttavia, non sono state rilevate bave anche se la forza idrostatica calcolata era superiore al 50% della forza di chiusura della macchina. Quindi si deduce che si può produrre il getto con una macchina più piccola rispetto a quella necessaria nella pressofusione liquida. Nella Figura 4 viene mostrata la curva iniezione del getto.

In modo analogo alla colonna sterzo, la produzione del coperchio valvola mostra la fluidità dello "slurry" e la sua capacità di riempire pareti sottili senza linee di flusso o giunti freddi.

GIUSTIFICAZIONE ECONOMICA DELL'SSR™

I vantaggi produttivi dell' SSR™ riducono potenzialmente il costo dei pressofusi tradizionali e giustificano l'investimento e il costo operativo di integrazione del processo SSR™. La possibilità di produrre più pezzi su un'unica macchina per un tempo predefinito, riducendo efficacemente i costi generali del singolo getto, è un notevole vantag-

DATI PRODUTTIVI	Pressofusione	SSR™ (10% Miglioramento Tempo Ciclo)	SSR™ (15% Miglioramento Tempo Ciclo)	SSR™ (20% Miglioramento Tempo Ciclo)
Utilizzo macchina (ore/anno)	4608	4608	4608	4608
Tempo(i) ciclo	45	40,5	38,25	36
Produzione annua (venduto)	350208	389120	412009	433382
Peso getto (lbs.)	5	5	5	5
Costo materiale (\$/lb.)	0,7	0,7	0,7	0,7
Prezzo al pezzo (\$)	7,5	7,5	7,5	7,5
Costo getto (\$)	7,12	7,01	6,87	6,72
Costo generale al pezzo (\$)	2,74	2,64	2,49	2,34
Costo stampo al getto (\$)	0,88	0,88	0,88	0,88
Costo materiale per pezzo (\$)	3,5	3,5	3,5	3,5
Reddito al getto (\$)	0,38	0,49	0,63	0,78
Reddito annuo (\$)	\$133.079	\$190.669	\$259.566	\$338.038
Aumento redditività (\$)		\$57.590	\$126.487	\$204.959
Tempo ritorno investimento (mesi)		62,5	28,5	17,6

Tab. 4 – Impatto redditizio con SSR™ derivante dal Miglioramento del Tempo Ciclo.

Table 4 – Profit Impact from SSR™ Cycle Time Improvement.

DATI PRODUTTIVI	Pressofusione	SSR™ (25% Miglioramento vita stampo)	SSR™ (50% Miglioramento vita stampo)	SSR™ (75% Miglioramento vita stampo)
Utilizzo macchina (ore)	4608	4608	4608	4608
Tempo ciclo (s)	45	45	45	45
Produzione annua (Venduto)	350.208	350.208	350.208	350.208
Peso getto (lbs.)	5	5	5	5
Costo materiale (\$/lb.)	0,7	0,7	0,7	0,7
Prezzo al pezzo (\$)	7,5	7,5	7,5	7,5
Costo getto (\$)	7,12	7,13	7,01	6,93
Costo general al getto (\$)	2,74	2,93	2,93	2,93
Costo stampo al getto (\$)	0,88	0,7	0,58	0,5
Costo Materiale al getto (\$)	3,5	3,5	3,5	3,5
Reddito al getto (\$)	0,38	0,37	0,49	0,57
Reddito annuo (\$)	\$133.079	\$129.577	\$171.602	\$199.619
Aumento di reddito (\$)		-\$3.502	\$38.523	\$66.540
Tempo di ritorno investimento (mesi)		NESSUN REDDITO	93,5	54,1

Tab. 5 – Impatto redditizio con SSR™ derivante dalla Riduzione del Tempo Ciclo e della Vita Stampo.

Table 5 – Profit Impact from SSR™ Cycle Time and Die Life Improvement.

gio. Altri costi, quali minori costi di attrezzatura per getto, riduzione di operazioni secondarie come impregnazione e lavorazione meccanica, e la diminuzione di scarti contribuiscono ad un ulteriore risparmio. Altre riduzioni di costo tuttora non quantificati possono derivare da minori tempi di manutenzione stampo, ridotto utilizzo di lubrificazione, allungamento vita del pistoncino, ecc. Per motivare la sua integrazione, il processo SSR™ tuttavia comporterà un aumento del capitale compensando i costi operativi con miglioramenti produttivi.

L'effetto della riduzione del tempo ciclo (calcolato da effettive prove) sulla redditività è indicato nella prima tabella. In questo esempio, il tempo ciclo è ridotto rispettivamente del 10, 15, e 20%. Come già detto, i costi generali diminuiscono per getto, ma alcuni costi aumentano a causa dell'incremento de costi operativi di utilizzo dell'SSR™ e del costo di ammortamento dell'impianto SSR™. In questo esempio, il costo operativo orario stimato è \$5/hr. (costi di beni di consumo e di energia) e il costo dell'impianto SSR™ di \$300K viene ammortizzato in 7 anni. Da questa situazione generale, l'aumento di profitto annuo è rispettivamente \$57,600, \$126,500, e \$205.000 con miglioramenti di tempo ciclo di 10, 15, e 20%. I tempi di ritorno dell'investimento variano da 62.5 a 17.6 mesi a seconda del miglioramento del tempo ciclo.

Il secondo esempio mostra i risultati della durata stampo. I costi stampo sono spesso maggiori del 10% del costo del getto; qui vengono evidenziati i miglioramenti della vita stampo del 25, 50, e 75%. I tempi di ritorno di investimento variano da nessun reddito a 54 mesi. Questi periodi di redditività dipendono molto dal costo percentuale dell'attrezzatura relative al costo totale del getto. Se il costo dell'attrezzatura aumenta fino al 15 o 20% del costo del getto, I tempi di ritorno di investimento diminuiscono drasticamente.

E' evidente che solamente ridotti miglioramenti di tempo ciclo e di vita stampo non hanno un impatto significativo sufficiente sulla redditività per motivare la spesa di integrazione dell'SSR™. Tuttavia, quando i due miglioramenti

del processo vengono combinati, il periodo di ritorno di investimento è molto più breve. La tabella 6 indica il tempo di ritorno investimento in funzione della riduzione del tempo ciclo e dell'allungamento della vita dello stampo. Per esempio, un miglioramento del tempo ciclo del 15% insieme al miglioramento della durata stampo del 50% determineranno un periodo di ritorno investimento di 18 mesi.

La vita stampo e il tempo ciclo sono fattori molto importanti per la riduzione dei costi, ma per alcuni pezzi l'eliminazione dell'impregnazione ha un effetto ancora maggiore sul risparmio rispetto a questi altri costi di processo. L'impregnazione varia da \$0.12 - \$0.15/libbra (€0.20 - 0.25/kg) al getto.

I risparmi derivanti dall'eliminazione dell'impregnazione possono raggiungere facilmente \$100,000 all'anno per grossi volumi di getti di dimensioni più grandi

In questo ultimo esempio viene evidenziato il getto supporto filtro pompa olio.

I risparmi di costo da tempo ciclo sono approssimativamente €112,000 e un'ulteriore somma di €83,000 sarebbe ri-

Riduzione Tempo Ciclo (%)	Aumento della vita stampo (%)			
	0%	25%	50%	75%
0%	Nessun ritorno	Nessun ritorno	93.5	54.1
10%	62.5	29.1	21.3	17.8
15%	28.5	18.1	14.5	12.8
20%	17.6	12.7	10.7	9.7

Tab. 6 – Ritorno di investimento (in mesi) in funzione della Riduzione del Tempo Ciclo e del miglioramento della Vita Stampo.

Table 6 – Payback (in months) as a function of Cycle Time Reduction and Die Life Improvement.

Tab. 7 – Incremento del margine del getto “Supporto pompa olio” dovuta alla eliminazione dell’impregnazione e alla riduzione di tempo.

Table 7 – Profit Impact on Oil Pump Filter Housing Casting from Cycle Time Reduction and Impregnation Elimination.

DATI di PRODUZIONE	Pressofusione	SSR™
Utilizzo macchina (ore)	4.320	4.190
Tempo ciclo (s)	110,0	88,0
Riduzione tempo ciclo (%)		20,00%
Getti fatturati all'anno	134.313	162.854
Peso del getto (kg)	3,50	3,50
Prezzo unitario (€)	11,55	11,55
Margine della Fonderia (%)	10%	
Costo del materiale e dello stampo per pezzo (€)	5,78	5,78
Costi di struttura totali	659075	712255
Costi di struttura per pezzo	4,91	4,37
Aum.del margine (tempo ciclo e vita stampo) al pezzo (€)		0,54
Aumento totale del margine (€)		112.486,91
Ritorno dell'investimento (mesi)		32,0
Percentuale impregnata	100,00%	10,00%
Costo dell'impregnazione totale (€)	94.019	11.400
Costo dell'impregnazione per getto (€)	0,70	0,70
COSTO TOTALE PER GETTO (€)	11,39	10,22
MARGINE TOTALE PER GETTO (€)	0,16	1,33
Ritorno dell'investimento con risparmio impregnazione (mesi)		18,5

sparmiata dall’eliminazione dell’impregnazione. Con questo modello si suppone, prudenzialmente, che l’impianto SSR™ aggiunga un 3% di tempo di fermo all’isola di lavoro, e la necessità per il 10% dei getti di essere impregnati. La giustificazione economica dell’SSR™ dipende da numerosi fattori di processo e va valutata prima di decidere se integrare il sistema SSR™. E’ chiaro che, in situazioni in cui sono dimostrati multipli miglioramenti di processo, l’investimento e il costo operativo sono giustificati. E’ stato sviluppato un foglio di calcolo per quantificare il risultato di questi miglioramenti produttivi sulla redditività e per meglio comprendere la varia sensibilità.

CONFRONTO CON TECNICHE CONCORRENTI

Esistono diverse tecniche di creazione dello “slurry” SSM, tre delle quali sono illustrate nella scheda comparativa che segue. La prima scheda offre una breve descrizione di ogni processo, includendo costo, attrezzatura richiesta ed altri accessori necessari al funzionamento del processo. La seconda scheda elenca le leghe che possono essere utilizzate con le diverse tecniche e i vantaggi/svantaggi del processo.

Breve descrizione del processo

I processi competitivi hanno sostanziali differenze paragonate all’SSR™ che le rendono inferiori per il miglioramento dei pressofusi. Gli altri tre processi utilizzano metallo fuso ad alta temperatura e raffreddamento del metallo con alte frazioni di solido. La microstruttura sferoidale si forma dal raffreddamento del metallo sulle pareti (camera fredda o un contenitore separato). L’azione del versamento offre al metallo sufficiente agitazione da favorire la formazione globulare; tuttavia, i processi sono limitati dal controllo del processo e dalla necessità di mantenere la temperatura del forno prossima alla temperatura di liquidus. Segue una breve descrizione:

UBE NRC

Il processo UBE NRC forma una microstruttura sferoidale tramite il rapido raffreddamento della lega durante il versamento in un contenitore di acciaio inossidabile dalla parete sottile. Una tavola di 6 o più contenitori raffredda lo slurry fino a circa una frazione di solido del 50%. I contenitori non vengono solo raffreddati ma anche riscaldati ad induzione. Un forno

deve mantenere la temperatura del metallo entro i 10 – 20 °C nella temperatura di liquidus. Le tazze hanno una verniciatura speciale e vengono pulite ad ogni ciclo per mantenere un processo costante, complicando ulteriormente il processo. Il processo UBE viene venduto insieme ad una macchina HV squeeze casting. Richiede quindi una macchina speciale.

THT SLC

Simile al processo introdotto dalla Hitachi, ed al processo UBE, il sistema THT consiste in un versamento a bassa temperatura del metallo nel contenitore iniezione di una macchina di pressofusione verticale. Ancora, la bassa temperatura del metallo combinata all’azione del versamento crea una microstruttura pseudo-globulare. Dopo l’attesa di un certo tempo il metallo viene iniettato nella cavità. Generalmente vengono utilizzati con questo processo speciali alliganti affinatori del grano per raggiungere la microstruttura sferoidale. Questo processo potrebbe essere di fatto testato su qualsiasi macchina di pressofusione verticale.

Mercury Marine

Mercury ha acquistato i diritti di brevetto per questo processo da una fonderia Americana fallita. In questo processo il metallo a bassa temperatura viene versato in un crogiolo posizionato all’interno di una bobina elettrica. Il crogiolo viene raffreddato ed il metallo agitato dal campo elettromagnetico, ma la microstruttura si forma essenzialmente durante il versamento a bassa temperatura nel crogiolo. L’utilizzo di un versamento a bassa temperatura limita fondamentalmente questi tre processi competitivi per l’uso di leghe secondarie comuni come EN 46000 (380-ALSi8.5Cu3Fe) che sono relativamente ad alto contenuto di silicio. Le temperature di attesa del forno devono essere mantenute a bassi livelli che formano scoria e altre fasi secondarie. Inoltre, la combinazione dell’SSR™ con un raffreddamento rapido e controllato, l’utilizzo di una sola tazza caricatore, la capacità di operare con macchine di pressofusione esistenti, e il suo costo lo rendono il sistema slurry più promettente sia dal punto di vista dell’attrezzatura che dai costi operativi. Altri sistemi richiedono macchine di pressofusione verticali, sostanziali cambiamenti alle macchine di pressofusione orizzontali, forni speciali o procedure di manipolazione della fusione, o contenitori multipli di slurry in processo per non allungare il tempo ciclo.

Processo	Descrizione generale	costo	Apparecchiatura inclusa	Apparecchiatura non inclusa
IDRA SSR™	Raffreddamento rapido, agitazione per breve tempo in tazza esterna-slurry a bassa frazione di solido trasferita nel contenitore di macchine a camera fredda standard	295K Euro	Impianto SSR™ e Robot a 6 assi	Macchina di pressofusione tradizionale e forno di attesa
THT SLC	Trasferimento del metallo liquido prossimo alla temperatura di Liquidus nella camera fredda della macchina verticale THT - uso di alliganti raffinatori della dimensione del grano	700K Euro	Macchina THT da 400 ton	Forno speciale per bassa temperatura - automazione
UBE NRC	Trasferimento del metallo liquido ad una delle 8-12 tazze. Dopo il ciclo di alcuni minuti di raffreddamento-riscaldamento il metallo viene trasferito in una macchina squeeze casting	1.300K Euro	Macchina UBE da squeeze 700-ton e impianto NRC per produrre lo slurry	Forno speciale per bassa temperatura
Mercury Marine SoD	Trasferimento del metallo liquido prossimo alla temperatura di Liquidus in un crogiolo di grafite all'interno di un avvolgimento elettrico. Il metallo è agitato e raffreddato nel crogiolo per formare uno slurry ad alta frazione di solido	N/A (Processo Proprietario)	Impianto per produrre lo Slurry	Forno speciale/macchina di pressofusione speciale con forza e corsa maggiorata - automazione

Tab. 8 – Descrizione generale dei sistemi Semi-Solid Slurry commercialmente disponibili .

Table 8 – General Description of Commercially Available Semi-Solid Slurry Systems.

Processo	Leghe	Vantaggi	Svantaggi
IDRA SSR™	Leghe di Al secondarie (AlSi8.5Cu3Fe), Leghe primarie (AlSi7Mg), Altre leghe (Al-Cu, Al-Mg)	1) Uso di leghe secondarie (EN 46000, AlSi8.5Cu3Fe) 2) Uso di macchine a camera fredda orizzontali o verticali 3) Operatività semplice ed economica 4) Raffreddamento controllato per un migliore controllo di processo 5) Basso costo dell'investimento	1) Non produce ancora getti in lega primaria da trattamento termico 2) Il concetto della bassa frazione di solido da provare ulteriormente su pezzi strutturali
THT SLC	Leghe primarie (AlSi7Mg, quando usato come processo SLC) Leghe secondarie se usato come pressofusione tradizionale	1) Se funziona è un processo semplice 2) Iniezione verticale valida solo per getti specifici 3) Eliminazione del costo del dispositivo di produzione dello slurry, solo costo della macchina di fusione - simile a quello di una macchina di pressocolata	1) L'iniezione verticale e la linea di chiusura orizzontale limitano la scelta dei getti adatti 2) Scarso o inesistente controllo di processo 3) Forno speciale per il metallo liquido o tecniche particolari per la manipolazione del metallo 4) Non adatto alla EN 46000 (380) 5) Scarso successo commerciale
UBE NRC	Leghe primarie (AlSi7Mg), Altre leghe (Al-Mg)	1) Processo che produce getti commerciali 2) Produce uno slurry di qualità costante 3) Processo adatto a leghe primarie, getti da trattamento termico	1) L'apparecchiatura è costosa e richiede un forno speciale 2) Il processo è costoso e difficile da gestire
Mercury Marine SoD	Leghe primarie (AlSi7Mg)	1) Produce slurry con una apparecchiatura relativamente semplice 2) Funziona sia con macchine orizzontali che verticali 3) L'investimento per l'impianto di produzione dello slurry relativamente contenuto	1) Il raffreddamento lento è adatto alle leghe primarie ma può presentare problemi con le leghe secondarie 2) Richiede macchine speciali con iniezione maggiorata per trattare le slurry con apparenza solida

Tab. 9 – Confronto dei sistemi di produzione dello Slurry semisolido.

Table 9 – Semi-Solid Slurry Production System Advantages and Disadvantages.

CONCLUSIONI

Le prove fatte da Idra hanno dimostrato in modo chiaro che l'SSR™ è un processo tecnicamente valido per produrre getti a tenuta riducendo i costi di produzione. I maggiori risultati delle prove sono i seguenti:

- Sono stati definiti i criteri per il dimensionamento e la forma degli attacchi di colata e dei fagioli nonché dei parametri di processo quali velocità, pressioni e tempi di riempimento.
- L'unità SSR™ ha sempre lavorato senza problemi particolari. Le barre in grafite non hanno evidenziato perdite di materiale per ossidazione. Sono emerse delle migliorie da implementare sui futuri impianti.
- Sono stati prodotti tre getti diversi. In tutte le prove si è evidenziato che è possibile iniettare il materiale a 590 °C, riducendo il tempo ciclo e lo shock termico dello stampo.

Si è consolidata la competenza per identificare i getti adatti alla tecnologia SSR™.

- La prova a tenuta per il corpo pompa olio è stata superata senza impregnazione e sono state usate spine con sformo di 0.2° per eliminare alcune fasi di lavorazione meccanica.
- L'analisi economica sviluppata sulla base dei dati raccolti in questi e nei test precedenti giustificano l'utilizzo dell'SSR™ per ridurre i costi e migliorare la qualità dei getti. Si è messo a punto un modello per la valutazione del tempo di ritorno dell'investimento dell'SSR™ h che tiene conto dell'effetto delle diverse variabili sul margine.
- Il confronto con altri processi mostra come l'SSR™ offra una combinazione unica di controllo di processo, possibilità di retrofitting su impianti esistenti e semplicità di gestione proponendosi come interessante processo per migliorare la pressofusione.

SEMI-SOLID RHEOCASTING

Key words:

die casting, aluminium and alloys, solidification, thixocasting

The SSR™ Process is a new IdraPrince semi-solid process that is dramatically different than other semi-solid processes. Unlike competitive techniques, unique capabilities of SSR™ allows use with secondary 380 alloy (380-AlSi8.5Cu3Fe), thus effectively improving the cost and efficiency of existing die castings within existing die casting cells. SSM is no longer just for high-integrity 356 alloy castings. Cost savings through reduced cycle time, improved die life, and elimination of impregnation and certain machining steps justify implementation of SSR™ with payback periods sometimes less than one year.

The SSR™ Station was tested with die casters in North America and in northern Italy with 3 different castings during 2004 and early 2005 to demonstrate the wide variety of parts that can be produced with SSR™ and the robustness of the process. The SSR™ Station was integrated with 800-ton and 1000-ton die casting cells.

The following improvements were measured or observed during the 6 week trial:

- Cycle time improvement ranged from 11 to 25% depending on the casting. This was mostly from reduced cooling of the die and dwell time reduction.
- Use of 0.2° draft cores without the typical soldering issues that would have been experienced with the same draft angle in die casting, thus allowing elimination of certain machining operations.

- Pass of 5 bar leak test without impregnation of the casting
 - Metal was transferred to the cold chamber at 590 °C, ~100 °C less than die casting.
 - Wall thickness of castings ranged from 2.5-3.0 mm up to 12 mm.
 - X-ray analysis results and casting surface quality improved with the use of overflows and a single gate to fill the part. More than one gate was used with some of the parts, but the casting required overflows to remove flow induced weld lines.
 - Casting quality results were seen to improve with increase in percent fill to 70% and up. Injection speed was continuously accelerated until the metal reached the in-gate.
 - Fill time of the cavity ranged from 100 ms to 500 ms as the average part thickness ranged from 4 mm to 10 mm.
- Three castings were produced successfully with SSR™. Metal temperature was far lower than conventional castings, which will improve die life by more than 50% based on thermal fatigue calculations. Cycle time was reduced because of dwell time, and also importantly, die cooling and spraying time. Improvement in leak testing and the use of lower core draft angles was also demonstrated with the pump filter housing casting. Wall thickness ranged from 2.5 to 12 mm. SSR™ was demonstrated as a production ready process with 380 alloy.
- Cost analysis using the acquired process data justifies the implementation of SSR™ with payback periods ranging from less than one year to three years depending on the level of process improvement. Competitive processes, which do not operate with 380 alloy, are compared and contrasted with the SSR™ process.