

SMARTT – un innovativo sistema di controllo di processo per il degasaggio rotativo delle leghe di alluminio



Introduzione

La crescente importanza del risparmio di carburante e della riduzione delle emissioni ha portato a un rapido aumento nell'utilizzo di getti di alluminio nell'industria automobilistica, che ne domina la produzione a livello globale. Dal momento che, per queste applicazioni complesse, molte delle caratteristiche quali la resistenza meccanica, l'allungamento e la resistenza alla fatica non possono più essere assicurate da leghe standard, sono state e continuano a essere sviluppate nuove leghe con maggiori potenzialità che, per essere sfruttate in pieno, richiedono la produzione di getti privi di porosità, con elevati livelli di pulizia e strutture fini. L'allungamento di oltre il 10% attualmente richiesto per i getti usati in componenti critici per la sicurezza si sta avvicinando al limite per le leghe. La "finestra" entro la quale le proprietà del bagno devono soddisfare tali requisiti diventa sempre più piccola, mentre le condizioni iniziali, come la qualità del lingotto, le condizioni del forno fusorio e di quello di attesa, la regolazione della temperatura e il trasferimento del bagno, possono diventare fattori limitanti. Per assicurare la giusta qualità del getto, è essenziale che il bagno sia trattato in modo efficace e tecnicamente valido e, successivamente, sia travasato seguendo una prassi controllata e studiata a fondo.

Un'altra importante caratteristica richiesta dall'industria automobilistica è la riproducibilità; di conseguenza, qualsiasi tipo di trattamento del bagno deve essere in grado di ottenere livelli costanti di pulizia e controllo dell'idrogeno. Inoltre, poiché molti sistemi di gestione qualità richiedono la registrazione del 100 % dei dati di produzione, un sistema sofisticato di trattamento del bagno che integra la memorizzazione dei dati diventa più interessante per l'industria automobilistica.

La chiave della produzione futura di getti di qualità davvero elevata sarà un processo innovativo che, ottenendo automaticamente un bagno della stessa qualità, indipendentemente dalle condizioni ambientali esterne, soddisferà le esigenze di questo segmento di mercato in crescita.

Simulazione del degasaggio

Il team Marketing and Technology per i metalli non ferrosi di Foseco ha lavorato con il gruppo tsc - Technology Strategy Consultants, che si occupa di consulenza in strategia tecnologica, per sviluppare un modello di degasaggio basato su web, che è stato progettato come strumento per analizzare rapidamente le operazioni delle fonderie e fare suggerimenti per migliorarle.

Il modello matematico su cui poggia il software si basa sulle informazioni più attendibili pubblicamente disponibili riguardo la cinetica del degasaggio per la rimozione dell'idrogeno (ad es. diffusività e solubilità dell'idrogeno, velocità di trasferimento della massa e dimensioni delle bolle stabili). Sono state condotte numerose prove nell'ambito di un programma esaustivo per fornire informazioni specifiche sui singoli rotori in condizioni diverse.

Tra queste:

- Analisi della potenza dei rotori di degasaggio
- Capacità di miscelazione dei rotori di degasaggio
- Prove di solubilità del gas in acqua
- Prove in fonderia in bagni di alluminio

La descrizione completa del lavoro di sviluppo è riportata in Foundry Practice 256 (2011).

Parametri che influiscono sui risultati del degasaggio

L'efficienza del degasaggio è influenzata da tre principali gruppi di variabili: le condizioni ambientali, i parametri del degasatore rotativo e le proprietà del bagno. La concentrazione di idrogeno nel bagno è stata calcolata utilizzando la simulazione di degasaggio per il seguente insieme di parametri comuni, le cui variazioni illustrano l'influenza sui risultati del degasaggio e sul tenore finale di idrogeno nel bagno dopo il trattamento.

ATL 1000 con 850 kg di bagno	Rotore XSR 220
AlSi7Mg	420 giri / minuto
Temperatura bagno 750 °C	20 l/min gas inerte
Umidità relativa 50 %	Livello iniziale 0,30ml H ₂ / 100g Al
Temperatura esterna 25 °C	

Tabella 1: parametri del modello di simulazione

1. Condizioni ambientali

Il bagno forma un equilibrio con l'acqua nell'atmosfera circostante; un clima caldo e umido produce nel bagno un tenore di idrogeno molto più elevato rispetto a un clima freddo e secco (figura 1).

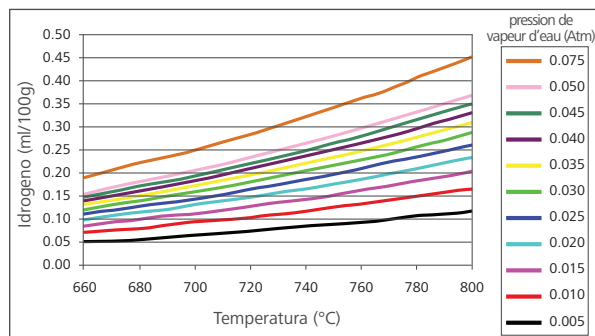


Figura 1: influenza delle condizioni ambientali sull'equilibrio dell'idrogeno

Durante il degasaggio rotativo, il bagno interagisce con l'atmosfera e capta di nuovo l'idrogeno. La simulazione del degasaggio mostra l'effetto di diverse condizioni ambientali

2. Parametri del degasatore rotativo

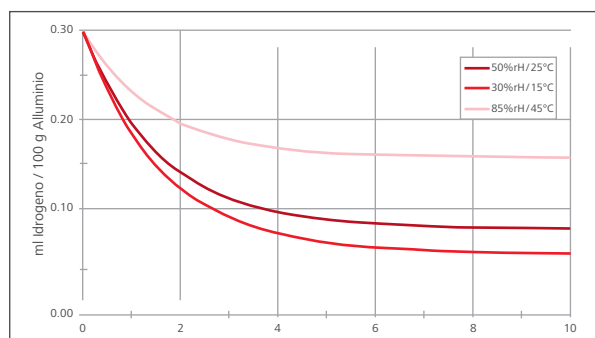


Diagramma 1: curve di degasaggio per diverse condizioni ambientali

Il degasatore rotativo può eseguire un trattamento a diverse velocità di rotazione e portate di gas inerte. Ogni rotore è programmato con dei valori minimi e massimi per questi parametri (condizioni di funzionamento), per velocità del rotore e portata del gas inerte. È importante che entrambi i parametri rimangano entro i limiti; eseguire un trattamento a una velocità di rotazione molto elevata e con grosse portate creerebbe troppa turbolenza o, in casi estremi, un'aerazione del rotore con perdita totale delle prestazioni del degasaggio.

I diagrammi 2 e 3 mostrano il comportamento del degasaggio con i parametri tipici di un rotore XSR 220 in condizioni variabili:

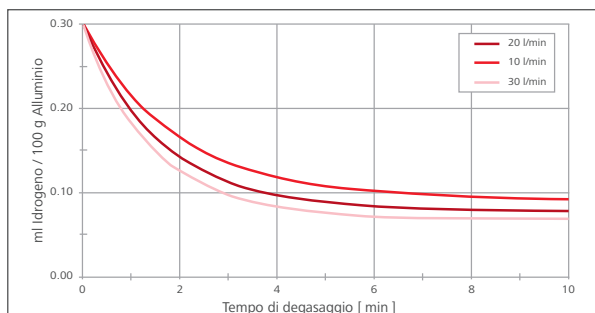


Diagramma 2: curve di degasaggio in presenza di variazioni di portata del gas inerte

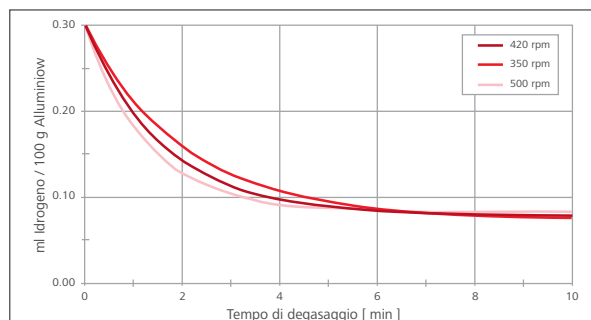


Diagramma 3: curve di degasaggio in presenza di variazioni di velocità del rotore

3. Proprietà del bagno prima del trattamento

La composizione delle leghe esercita un'enorme influenza sulle prestazioni del degasaggio. Elementi come il magnesio aumentano la solubilità dell'idrogeno, mentre il silicio o il rame la riducono leggermente (diagramma 4). La temperatura del bagno influisce sull'equilibrio con l'atmosfera; a temperature più elevate, il bagno dissolve più idrogeno (diagramma 5).

Anche se, spesso, non si conosce il livello iniziale di idrogeno, il diagramma mostra che le sue variazioni non cambiano il risultato finale (diagramma 6).

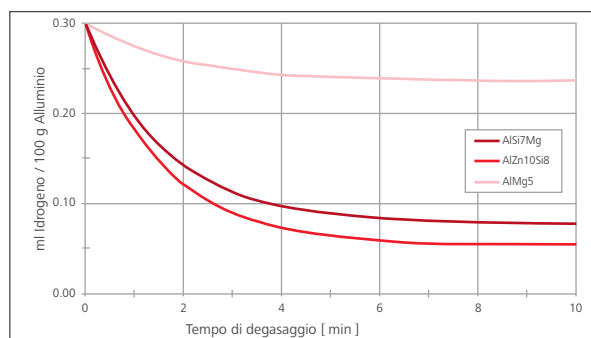


Diagramma 4: curve di degasaggio per diverse leghe

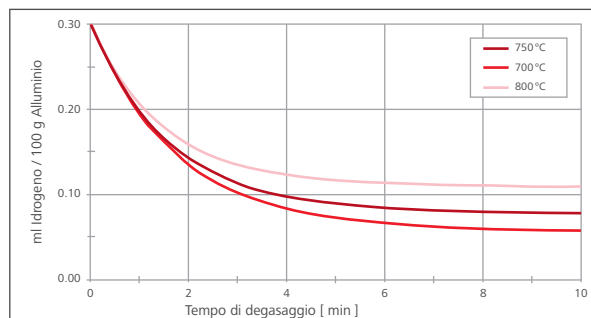


Diagramma 5: curve di degasaggio per diverse temperature del bagno

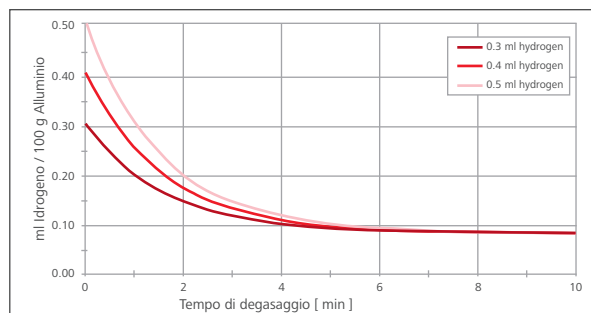


Diagramma 6: curve di degasaggio per diversi livelli iniziali di idrogeno

SMARTT – un innovativo sistema di controllo dei processi

L'acronimo SMARTT sta per "self-monitoring adaptive recalculation treatment". Si tratta di un innovativo sistema di controllo dei processi che analizza tutti i parametri in entrata e calcola i parametri di trattamento per il processo di degasaggio rotativo subito prima di ciascun trattamento.

Il software SMARTT garantisce un bagno di qualità costante dopo ogni trattamento ed è installato su un PC che gira su Windows. Le operazioni di input e output sono eseguite grazie a un comodo schermo tattile con una connessione LAN al PLC SIEMENS.

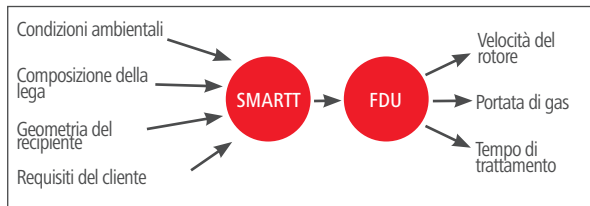


Figura 2: – Impostazioni schematiche di SMARTT

Attraverso un'interfaccia aperta, il database SQL consente all'operatore di definire un numero quasi illimitato di forme di crogiolo o siviera, tipi di lega e programmi di trattamento.

Il tenore di idrogeno nel bagno è l'obiettivo di tutte le simulazioni, e viene utilizzato per le procedure sia di degasaggio che di rigasaggio.

1. Condizioni ambientali

L'umidità relativa e la temperatura esterna sono misurate con un sensore standard, montato accanto al quadro di controllo nella zona in cui avviene il trattamento. I valori effettivi sono trasferiti in tempo reale a SMARTT e registrati in un arco di tempo.

2. Composizione delle leghe e geometria dei recipienti

SMARTT ha in dotazione vari tipi predefiniti di leghe e geometrie di crogioli o siviere di trasferimento, che l'utente può facilmente modificare, aggiungere o eliminare. La lega e il recipiente di trattamento diventano parte di ciascun programma insieme al tipo e diametro di rotore consigliato (figura 4).

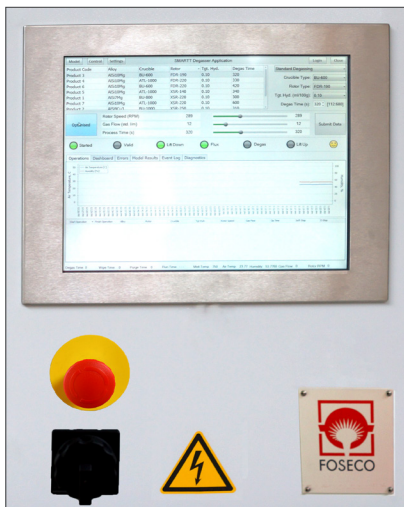


Figura 3: interfaccia a schermo tattile nella porta di un quadro di controllo FDU

3. Requisiti dei clienti

I clienti possono scegliere fra quattro diversi schemi di trattamento offerti da SMARTT. Il calcolo si basa su una portata di gas e velocità del rotore minima e massima a seconda del tipo e diametro di rotore, e delle dimensioni del recipiente. Il tempo minimo di degasaggio è un parametro che assicura l'appropriata rimozione degli ossidi.

Degasaggio ad alta velocità: tempo di trattamento più breve possibile a velocità di rotore e portata di gas inerte più alte possibili. Si rispetta un tempo di trattamento minimo per consentire l'omogeneizzazione e la rimozione degli ossidi.

Degasaggio a basso tenore di gas: esegue il trattamento per un determinato periodo di tempo con il livello più basso di consumo di gas e relativa velocità del rotore per raggiungere l'obiettivo.

Lunga vita: esegue il trattamento alla minore velocità di rotazione possibile per ridurre l'abrasione dell'albero e del rotore. La portata di gas inerte corrispondente dipende dal tempo di trattamento complessivo.

Degasaggio standard: media fra basso tenore di gas e bassa velocità.

Lo schema ad alta velocità si utilizza se il processo di degasaggio rallenta le operazioni in fonderia e sono necessarie ingenti quantità di lega per le fasi di colata successive. Il trattamento ad alta velocità può essere eseguito in certi momenti della giornata, ad esempio durante il turno del mattino, quando la richiesta di metallo fuso è elevata, o se vi sono colate pesanti in cicli brevi. Gli altri schemi dipendono dai requisiti locali.

4. Impostazioni MTS 1500

SMARTT è adatto alle macchine per il degasaggio con, in opzione, l'affinazione automatica del grano con il sistema MTS 1500. I parametri MTS non fanno parte dell'ottimizzazione e sono impostati sullo schermo tattile con il metodo convenzionale. Ad ogni modo, i diversi programmi MTS fanno parte dei programmi di trattamento e sono combinati con gli schemi di ottimizzazione e i valori di idrogeno voluti (figura 5).

Name	Mg %	Cu %	Si %	Fe %	Mn %	Zn %
AlMg5	5	0	0.3	0.3	0.3	0.1
AlSi10Mg	0.3	0.1	10	0.8	0.3	0.1
AlSi12(Cu)	0.3	1	12	0.3	0.3	0.3
MTS	0.5	0.1	7	0.3	0.3	0.1
AlSi9Cu3	0.3	3	9	1	0.3	1
AlZn10Si	0.4	0	8	0.1	0	0

Figura 4: schermata lega

MTS Name	as Flow [min]	Vortex Speed	Treatment Speed	Predegas Time	Vortex Time 1	Flux Time 1	React Time 1	Inter. Deg. Time	Vortex Time 2	Flux Time 2	React Time 2
Hopper 1	20	650	350	5	20	15	20	0	0	0	0
Hopper 1 and 2'	20	600	300	5	15	10	20	20	15	5	10
Hopper 2	20	750	420	4	0	0	0	0	15	20	15
No MTS	20	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5: schermata di impostazione dei parametri MTS

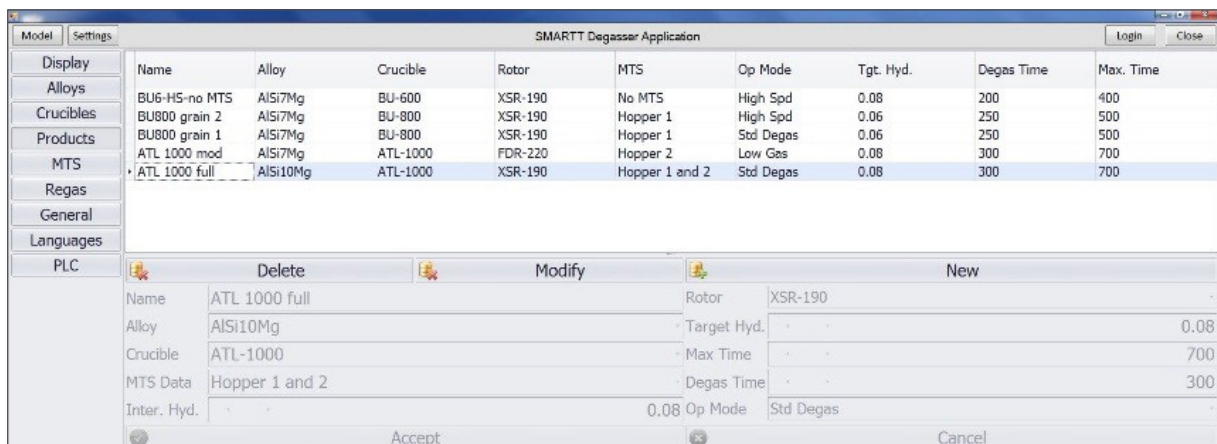


Figura 6: schermata prodotto

5. Schermata prodotto

Il menu di prodotto contiene tutti i parametri di programma predefiniti: geometria del recipiente di trattamento, lega e MTS 1500. Sono, inoltre, definiti i limiti per il tempo di degasaggio. Il tenore di idrogeno richiesto nel bagno è l'obiettivo del processo di ottimizzazione (figura 6).

I diversi schemi di ottimizzazione consentono alla fonderia di ottenere gli stessi risultati di degasaggio nello stesso tempo usando impostazioni di parametri diverse. Le opzioni a basso tenore di gas vanno utilizzate in regioni in cui i costi dei gas inerti sono elevati; l'opzione lunga vita riduce l'usura dell'albero e del rotore, mentre il degasaggio standard rappresenta la media tra i due estremi. Il programma ad alta velocità si può usare quando il processo di degasaggio rallenta le operazioni nella fonderia.

Le diverse impostazioni sono contrassegnate da nomi di prodotto diversi, facilitando la scelta di quella giusta da parte dell'operatore.

6. Schermata operatore

Tutte le schermate precedentemente descritte sono accessibili solo all'amministratore. L'operatore visualizza un'interfaccia semplificata, con la quale può scegliere facilmente tra 20 diversi prodotti definiti dall'amministratore, le condizioni ambientali e il tempo di trattamento rimanente (figura 7).



Figura 7: schermata operatore

Risultati delle prove sul campo

Il software SMARTT è installato su unità mobili di degasaggio FDU Mark 10 con un sistema di dosaggio a una tramoggia MTS 1500. Le prove sono iniziate con una semplice procedura di degasaggio; lo scopo era raggiungere un bagno di qualità standard con un livello minimo di idrogeno di 0,08 ml per 100 g di alluminio.

Analogamente al modello di simulazione descritto all'inizio del presente studio (tabella 1), per le prove SMARTT sono stati utilizzati i parametri riportati nella tabella 2:

ATL 1000 con 850 kg di bagno	Rotore XSR 220
AlSi7Mg	Livello iniziale 0,30 ml H ₂ / 100 g Al
Temperatura del bagno 750 °C (*)	Tempo di trattamento minimo 300 s (*)
Umidità relativa 50 % (*)	Temperatura esterna 25 °C (*)

(*) – potrebbe variare per alcuni esempi

Tabella 2: parametri di simulazione SMARTT

Le seguenti tabelle mettono a confronto i parametri di trattamento SMARTT ottimizzati per il raggiungimento dell'obiettivo in condizioni e parametri variabili. La tabella 3 illustra i diversi schemi di ottimizzazione, la 4 mette a confronto i parametri in tre diverse condizioni ambientali e la 5 fornisce i parametri per temperature di bagno diverse prima del trattamento.

1. Schemi di ottimizzazione

I programmi di degasaggio standard, a bassa portata di gas e lunga vita iniziano l'ottimizzazione con un tempo di trattamento minimo predefinito e cercano di trovare un risultato logico per raggiungere l'obiettivo. Se non si trova nessun risultato, si allunga il tempo di trattamento. L'opzione a basso tenore di gas esegue il trattamento a una velocità di rotore massima, consentendo al flusso di gas inerte di raggiungere il tenore di idrogeno voluto in tempo, mentre l'opzione di lunga vita segue la strategia opposta, ossia velocità di rotore più bassa possibile e gas inerte al limite massimo. La procedura di degasaggio standard trova un risultato a metà tra i due estremi. Il degasaggio ad alta velocità esegue il trattamento con valori quasi massimi di velocità di rotore e portata di gas inerte, e calcola il tempo di trattamento più breve possibile per raggiungere il livello di idrogeno dopo il trattamento (tabella 3).



Tabella 3: risultati per diversi schemi di ottimizzazione

L'opzione a basso tenore di gas consuma 55 litri di gas inerte in meno per trattamento rispetto a quella di lunga vita. Le fonderie che eseguono 4 trattamenti all'ora possono risparmiare fino a 1.500 Nm³ all'anno, equivalenti a più di 150 bombole di gas.

La minore velocità riduce l'usura dell'albero di grafite. In base all'esperienza dei clienti, la vita dell'albero e quella del rotore aumentano del 25 % a una velocità inferiore di 150 giri / minuto. A seconda delle condizioni di trattamento, una fonderia che esegue 4 trattamenti all'ora può risparmiare fino a 15 set di materiali di consumo (rotore e albero) all'anno.

2. Condizioni ambientali

SMARTT rileva le condizioni ambientali subito prima di ogni trattamento e inizia la procedura di ottimizzazione sulla base delle impostazioni del prodotto. A livelli di umidità atmosferica più elevati, la velocità del rotore e la portata di gas aumentano per il degasaggio standard e viceversa. Questo normale risultato è dovuto all'interazione tra la superficie del bagno e l'atmosfera. Il software SMARTT rileva risultati fino a condizioni ambientali con il 75 % di umidità relativa e una temperatura di 28°C. Se i livelli di umidità sono più elevati, il target di 0,08 ml di idrogeno non può essere raggiunto a causa del rigasaggio sulla superficie agitata del bagno durante il trattamento.

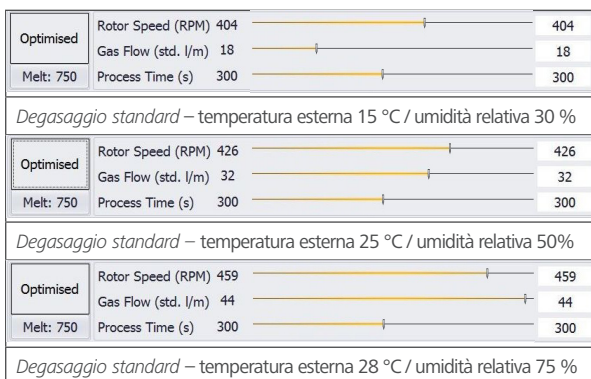


Tabella 4: risultati per condizioni ambientali diverse

3. Temperatura del bagno

L'alluminio dissolve una quantità maggiore di idrogeno a temperature più elevate e ne riporta ancora di più sulla superficie del bagno dall'atmosfera. Il trattamento è eseguito a velocità di rotore e portate di gas inerte maggiori con l'aumentare della temperatura e viceversa. SMARTT ha trovato una soluzione logica per temperature fino a 780 °C, ma non è stato in grado di prevedere i parametri da impostare a 800 °C a causa del tenore iniziale di idrogeno troppo elevato e della ricaptazione sulla superficie (tabella 5).

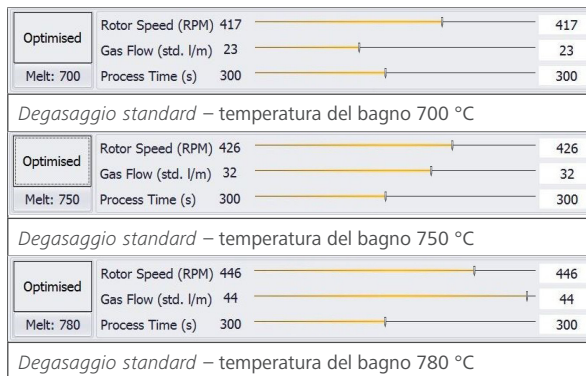


Tabella 5: risultati per schemi di ottimizzazione diversi

4. Acquisizione dei dati

Nel software SMARTT è integrato un sistema di acquisizione dei dati che consente di registrare tutti i parametri per data e ora e tutte le funzioni di degasaggio predefinite e ottimizzate. Questa comoda funzione sostituisce i sistemi complessi che girano su computer esterni e utilizzano software di acquisizione dati di fornitori terzi. I dati sul trattamento possono essere esportati su applicazioni d'ufficio standard per ulteriori analisi.

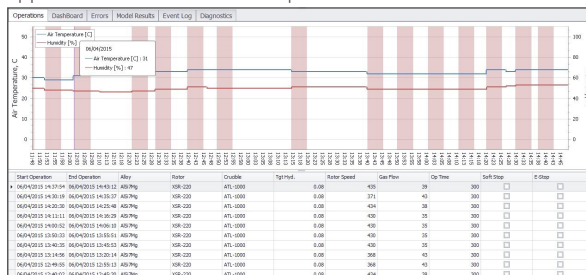


Figura 8: schermata di acquisizione dati

Riepilogo

- Il getto richiede un bagno con un livello di idrogeno costante.
- Se le condizioni iniziali in fonderia non sono omogenee, è impossibile ottenere sempre questo risultato con il miglior rapporto costi / benefici.
- Al giorno d'oggi, le fonderie compensano questo effetto generalmente prolungando il trattamento, sprecando gas inerte e i materiali di consumo in grafite.
- SMARTT offre una comoda interfaccia per programmare tutte le fasi del trattamento necessarie.
- L'innovativo sistema di controllo del degasaggio prevede i migliori parametri di trattamento per i diversi schemi in determinate condizioni.
- SMARTT risparmia gas inerte e allunga la vita dei materiali di consumo in grafite.
- SMARTT registra tutti i parametri di trattamento.
- Un sistema innovativo di controllo dei processi è la migliore soluzione per le fonderie che trattano alti volumi di lega con molti getti diversi che richiedono livelli di qualità uguali o simili.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, without the written permission of the copyright holder.

All statements, information and data contained herein are published as a guide and although believed to be accurate and reliable (having regard to the manufacturer's practical experience) neither the manufacturer, licensor, seller nor publisher represents or warrants, expressly or impliedly:

- (1) their accuracy/reliability
- (2) that the use of the product(s) will not infringe third party rights
- (3) that no further safety measures are required to meet local legislation

The seller is not authorised to make representations nor contract on behalf of the manufacturer/licensor. All sales by the manufacturer/seller are based on their respective conditions of sale available on request.

*FOSECO and the logo are Trade Marks of the Vesuvius Group, registered in certain countries, used under licence.

© Foseco International Ltd. 2015

COMMENT

Editorial policy is to highlight the latest Foseco products and technical developments. However, because of their newness, some developments may not be immediately available in your area. Your local Foseco company or agent will be pleased to advise.



Foseco International Limited

P.O. Box 5516
Tamworth
Staffordshire
England B78 3XQ
Registered in England No. 468147