

Kind & Co. e le nuove sfide dalla pressocolata

Le tendenze attuali dell'industria della pressocolata dal punto di vista di un produttore di acciaio per utensili

by Ingolf Schruff, Kind & Co., Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG, Wiehl, Germania

Display automotive con involucro di magnesio pressocolato, ottenuto con stampo in acciaio CS1

Automotive display with die-cast magnesium casing, obtained with CS1 steel die

Motivata da esigenze economiche ed ecologiche, l'industria automobilistica mondiale sta sviluppando nuove concezioni di "body-in-white" in cui i componenti strutturali pressocolati contribuiscono ad un'importante riduzione di peso. Shock towers, telai delle portiere e dei portelloni sono stati prodotti per molti anni mediante pressocolata ad alta pressione (HPDC) [1, 2], ma negli ultimi anni nuove tecnologie si sono rapidamente sviluppate. L'integrazione di funzioni nei getti, i nuovi concetti di lega dell'alluminio e le nuove tendenze di design dei componenti hanno determinato un'ulteriore crescita nella produzione di componenti strutturali pressocolati. La prevista crescita della mobilità elettrica incrementerà questa tendenza. Oggi i longheroni e le traverse di grandi dimensioni sono presenti in moltissime autovetture, dalla classe media alla premium. Tesla, in qualità di pioniere, ha aperto nuove dimensioni dei getti producendo prodotti pressocolati di strutture sottoscocca molto grandi e complesse. Nel frattempo, i produttori di auto di tutto il mondo hanno iniziato a sviluppare e a produrre componenti simili. Questa tendenza è accompagnata dalla necessità di presse più grandi, di inserti per stampi più grandi e complessi e di nuove leghe di colata. I progettisti di stampi e le fonderie devono quindi imparare a gestire queste nuove dimensioni. I produttori di acciaio devono fornire acciai per utensili per la lavorazione a caldo con proprietà

Kind & Co. and the new challenges of die casting

Current trends in the die casting industry from a tool steel producer's view

[Abstract]
The international die casting industry faces enormous technological challenges. Die cast structural components for the automotive industry have reached a complexity of design and dimensions which were unforeseeable a few years ago. Dimensional changes or sharp bends in the product, variations of cross-sections within the product create stress accumulations within the dies.
The larger the dies and the more intensive the differences in wall thickness of the inserts, the higher is the necessity to use hot-work tool steels with improved toughness properties and a transformation behaviour safely avoiding the undesired bainitic transformation.
New assembly technologies and modern die cast products require best surface conditions of cast components and demand for die steels with outstanding thermal shock resistance. Surface quality is one of the key acceptance criteria for cases of electronic components or for castings with visible, aesthetic surfaces.
Hot-work tool steels like H11 and H13 have been used for most die casting applications but for products as described before they have reached the limits of applicability. Kind & Co has developed two premium hot-work tool steels combining good high-temperature strength and impact toughness: TQ1 and CS1. TQ1 clearly exceeds established grades in high-temperature strength and thermal shock resistance. Very high impact toughness and specific hardening behavior make TQ1 best suitable for large die inserts for structural components.
CS1 not only allows to be used with hardness of up to 54 HRC, it also offers high impact toughness even at higher working hardness and grants extreme thermal shock resistance to die casting dies. CS1 the ideal hot-work tool steel for die casting dies with highest surface requirements.

adeguate alle nuove sfide. Kind & Co ha analizzato questa tendenza e propone l'acciaio premium per utensili per la lavorazione a caldo TQ1, che offre una varietà di proprietà adatte ai nuovi requisiti richiesti.
La seconda sfida riguarda i getti con elevati requisiti superficiali. Tra questi vi sono, ad esempio, le cover pressofuse per i numerosi sistemi di assistenza delle auto moderne. Per proteggere le apparecchiature elettroniche sensibili inserite al loro interno, richiedono superfici interne estremamente lisce. Le alette di raffreddamento sulle superfici esterne devono essere prodotte con la massima qualità superficiale. I contenitori delle batterie delle auto elettriche devono offrire la massima precisione nelle aree di tenuta. Le cricche da shock termico sulla superficie degli stampi sono tra i problemi più frequenti degli stampi di pressocolata. Poiché le cricche vengono trasferite dalla superficie dello stampo al prodotto pressofuso, i prodotti con elevati requisiti superficiali richiedono acciai per utensili per lavorazione a caldo con la massima resistenza agli shock termici. Il nuovo acciaio per utensili a caldo CS1 di Kind & Co può essere utilizzato con una durezza di lavoro fino a 54 HRC. Questo acciaio offre un'eccellente tenacità ed anche un'eccezionale resistenza agli shock termici che lo rende particolarmente adatto agli stampi con i più alti requisiti superficiali.

Sfida 1: componenti strutturali pressocolati di grandi dimensioni

Decisioni politiche, considerazioni economiche ed ecologiche motivano da anni l'industria automobilistica mondiale a sviluppare concetti di carrozzeria leggera. Gli Shock Towers ottenuti tramite pressocolata, originariamente presenti solo nei veicoli di classe superiore, sono oggi utilizzati in molte auto di classe media. Le travi longitudinali del telaio e le traverse pressofuse indicano la tendenza verso componenti strutturali pressocolati ancora più grandi. Con lo sviluppo di componenti pressocolati per il sottoscocca, Tesla è stata pioniera nello sviluppo di com-

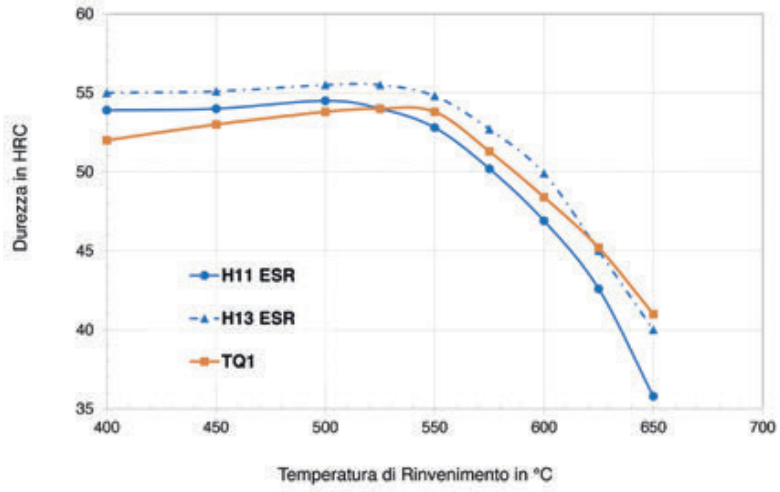


Figura 1: Comportamento di tempra del TQ1 rispetto a H11 e H13>

Figure 1: Tempering behavior of TQ1 in comparison to H11 and H13

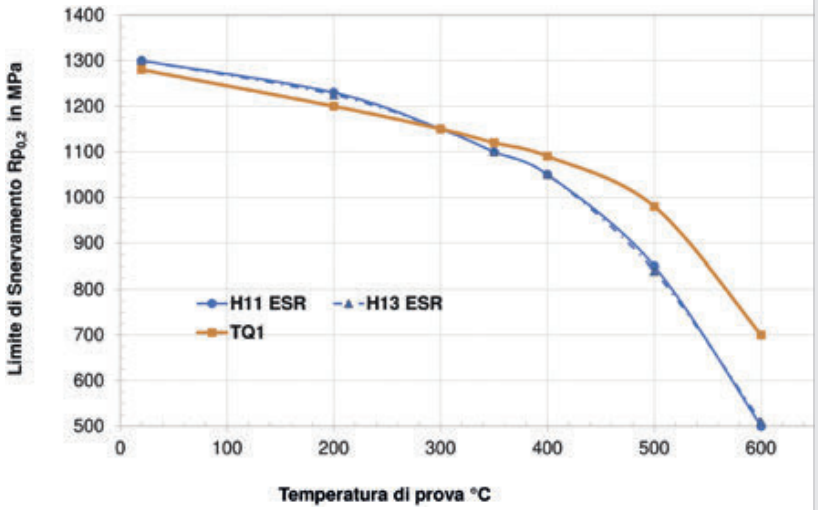


Figura 2: Resistenza ad alta temperatura di TQ1 rispetto a H11 e H13

Figure 2: High-temperature strength of TQ1 in comparison to H11 and H13

ponenti strutturali pressocolati ancora più grandi e complessi. Sempre più produttori automobilistici in tutto il mondo seguono questa tendenza e sviluppano e producono componenti strutturali simili. La prevista crescita dei veicoli elettrici sostiene il passaggio a componenti strutturali pressocolati di grandi dimensioni anche nel mercato di massa. La produzione di componenti strutturali di grandi dimensioni è vantaggiosa solo se si può fare a meno di un successivo trattamento termico dei componenti.

Ciò richiede leghe di alluminio fuso che sviluppino le proprietà meccaniche richieste senza trattamento termico. Le concentrazioni di Fe significativamente più basse e le temperature di colata più elevate sono differenze importanti delle leghe per i componenti strutturali rispetto alla nota lega multiuso 226. La solubilità del Fe nell'Al è il motivo per cui le leghe di Al con basse concentrazioni di Fe devono essere considerate chimicamente più aggressive delle leghe con alte concentrazioni di Fe. Questo spiega perché molte leghe di Al per componenti strutturali hanno un'elevata tendenza a saldarsi (incollarsi) sugli inserti degli stampi. I componenti strutturali pressocolati di grandi dimensioni sono spesso caratterizzati da variazioni dimensionali importanti o stretti raggi di curvatura Numerose nervature di rinforzo contribuiscono alle proprietà meccaniche richieste dei getti.

Queste caratteristiche particolari sono potenziali punti di concentrazione delle tensioni durante il trattamento termico e durante l'operazione di colata. Per riempire completamente le cavità con lunghe vie di flusso, i fonditori spesso aumentano la temperatura di colata, con conseguenti maggiori sollecitazioni termiche. Le leghe speciali per i componenti strutturali, che richiedono temperature di colata più elevate rispetto alle leghe standard, aumentano ulteriormente la situazione di stress termico negli inserti degli stampi. Le elevate velocità di flusso della massa fusa intensificano le sollecitazioni meccaniche negli stampi. I componenti strutturali combinano superfici funzionali ed estetiche. Tracce di cricche da shock termico sulla colata impediscono il corretto assemblaggio dei componenti fusi e causano costose lavorazioni sui getti. Tracce di cricche da shock termico sulla superficie visibile riducono la qualità estetica dei componenti. Gli stampi per componenti strutturali devono quindi garantire un'elevata resistenza alle cricche grossolane e alle cricche da shock termico.

Acciaio per utensili premium per lavorazione a caldo TQ1

Kind & Co ha sviluppato il grado premium TQ1 in base al principio della massima purezza chimica. Ciò significa che il contenuto di elementi chimici dannosi è stato drasticamente ridotto rispetto agli acciai per utensili standard per la lavorazione a caldo come H11 e H13. Prodotto mediante rifusione (ESR), il TQ1 è un acciaio da utensili per la lavorazione a caldo legato al cromo-molibdeno-vanadio con un'omogeneità e una purezza molto elevate.

La composizione chimica ben bilanciata garantisce le migliori proprietà per gli inserti di grandi dimensioni per componenti strutturali automobilistici pressocolati. Le principali proprietà, come il comportamento in fase di tempra, la resistenza alle alte temperature e la tenacità all'impatto, sono illustrate nelle Figure 2 - 4. Il TQ1 sviluppa la stessa resistenza al rinvenimento dell'H13 (Figura 1) e in questo modo offre la stessa resistenza alla indesiderata riduzione della durezza durante le operazioni di colata, come per l'H13.

La resistenza alle alte temperature è una proprietà importante in quanto descrive la resistenza all'innesco di cricche a temperature elevate. In questo rapporto la resistenza allo snervamento Rp0,2, misurata in prove di trazione a temperature crescenti, viene utilizzata per descrivere la resistenza alle alte temperature degli acciai. Tutti i campioni sono stati temprati e rinvenuti alla stessa durezza di

PubliTec

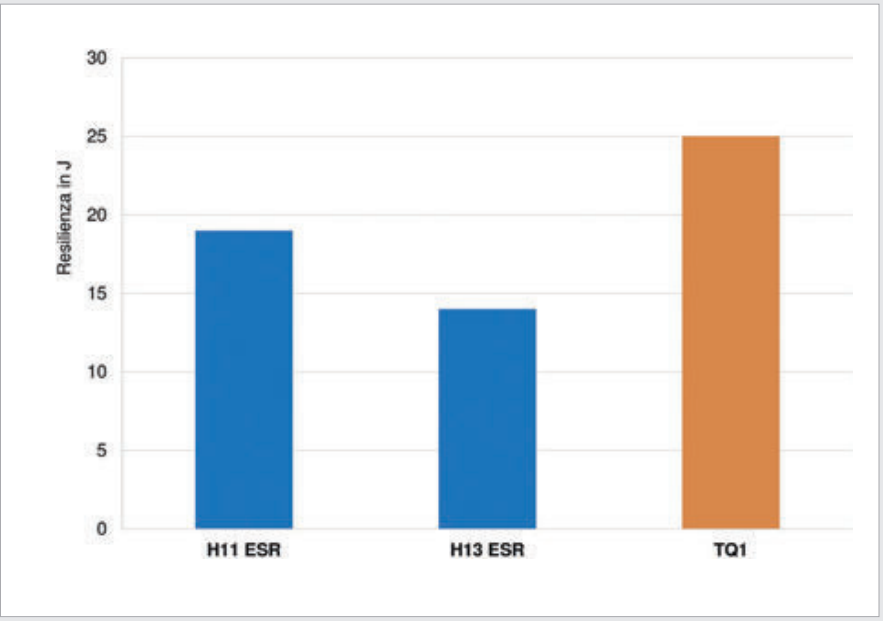


Figura 3: Resistenza alle alte temperature di TQ1 rispetto a H11 e H13

Figure 3: High-temperature strength of TQ1 in comparison to H11 and H13

45 HRC prima di essere testati. Il diagramma della Figura 2 mette a confronto i tre tipi di acciaio. In grigio è indicato l'intervallo di temperatura a cui è esposta la superficie di uno stampo per almeno un breve momento ad ogni colpo. Le curve dimostrano chiaramente che alle temperature di prova superiori a 600 °C il TQ1 sviluppa una resistenza alle alte temperature significativamente superiore rispetto all'H11 e all'H13. Questa differenza è la ragione della maggiore resistenza all'innesco di cricche negli stampi di TQ1, un vantaggio importante da considerare soprattutto in relazione alle temperature di colata più elevate delle leghe.
Oltre alla resistenza ad alta temperatura, gli acciai per utensili per lavorazioni a caldo con grandi proprietà strutturali devono avere un alto livello di tenacità, per compensare le improvvise sollecitazioni meccaniche che si verificano ad ogni colpo. I luoghi tipici di accumulo delle sollecitazioni negli inserti per stampi durante il processo di pressocolata sono i piccoli raggi, gli angoli vivi e le scanalature per le nervature di rinforzo. La Figura 3 mostra i valori tipici di energia d'impatto misurati in conformità con NADCA #207-2018 per H11, H13 e TQ1 con una durezza di 45 HRC. Il vantaggio del TQ1 a livello di tenacità è chiaramente visibile.
La combinazione di una buona resistenza alle alte temperature e di un'elevata tenacità si traduce infine in un'eccellente resistenza agli shock termici. Poiché i requisiti superficiali sono diventati sempre più importanti per i



Figura 4: Esempio di getto pressocolato con requisiti superficiali sofisticati: contenitore case di un sistema di telecomunicazione 5G

Figure 4: Examples of castings with sophisticated surface requirements: case of a 5G telecommunication system

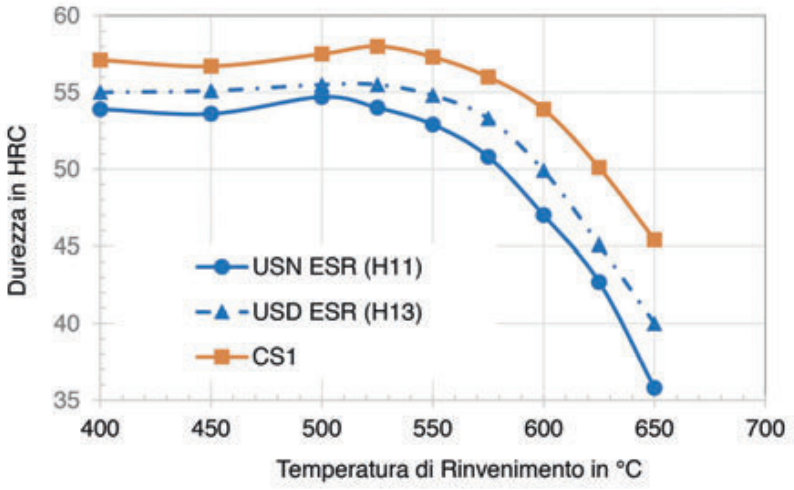
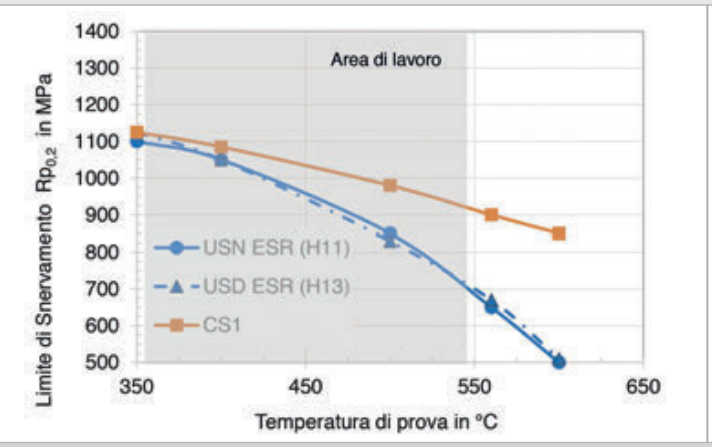


Figura 5: Comportamento in tempra di CS1 rispetto a H11 e H13

Figure 5: Tempering behavior of CS1 in comparison to H11 and H13



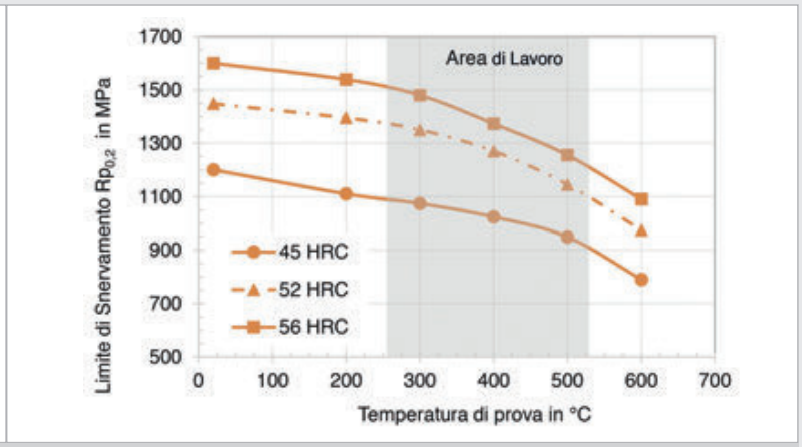


Figura 6: Resistenza alle alte temperature di CS1 rispetto a H11 e H13. A sinistra: Tutti i campioni temprati + rinvenuti a 45 HRC. A destra: Influenza della durezza sulla resistenza alle alte temperature di CS1

Figure 6: High-temperature strength of CS1 in comparison to H11 and H13 Left: All samples hardened + tempered to 45 HRC; Right: Influence of the hardness on high-temperature strength of CS1

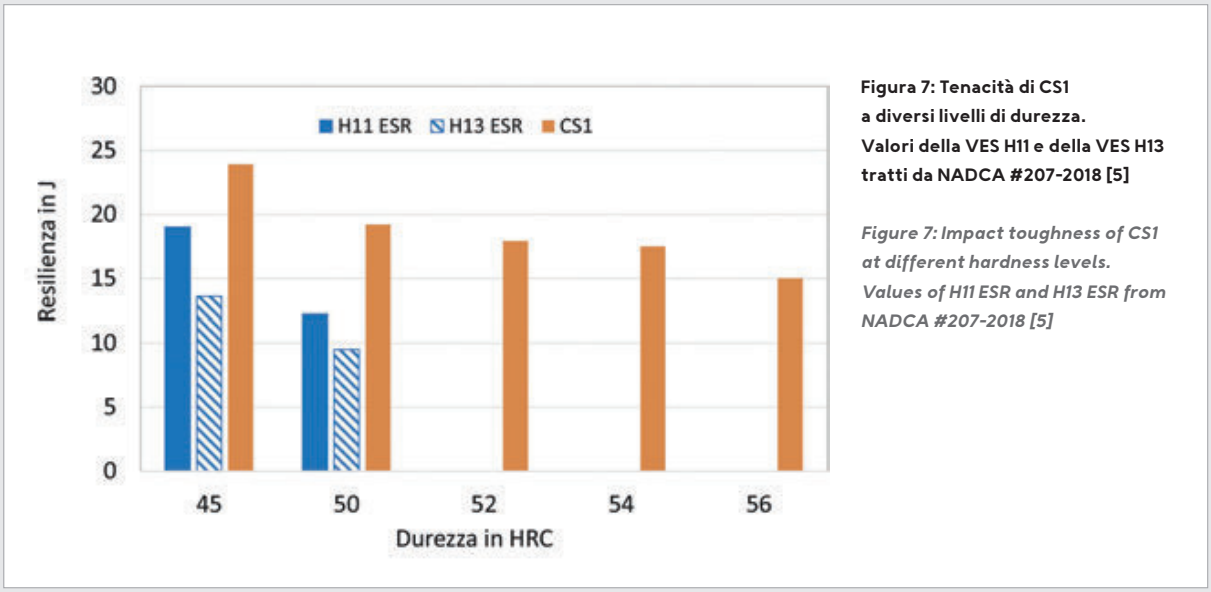


Figura 7: Tenacità di CS1 a diversi livelli di durezza. Valori della VES H11 e della VES H13 tratti da NADCA #207-2018 [5]

Figure 7: Impact toughness of CS1 at different hardness levels. Values of H11 ESR and H13 ESR from NADCA #207-2018 [5]

componenti strutturali di grandi dimensioni, il TQ1 offre le migliori premesse per un'ottima prestazione dello stampo. La durezza come proprietà chiave di un inserto dello stampo dovrebbe sempre essere considerata individualmente e rispettare il design degli inserti dello stampo. Mentre gli stampi di pressocolata standard hanno spesso una durezza di 45 HRC, la durezza degli inserti di grandi dimensioni per i componenti strutturali dovrebbe essere inferiore per garantire la migliore tenacità possibile. La migliore resistenza alle alte temperature del TQ1 contribuisce a fornire la migliore qualità superficiale anche con durezze più basse. Il TQ1 è elencato nella Norma NADCA#207-2018.

Il TQ1 ha dimostrato la sua idoneità per gli stampi di pressocolata di grandi componenti automobilistici con requisiti di tenacità e requisiti superficiali molto elevati in numerose applicazioni in tutto il mondo.

Sfida 2: componenti pressocolati con elevati requisiti superficiali

Negli ultimi anni si è registrata un'enorme richiesta di getti con requisiti superficiali estremamente elevati. Da un lato, questa domanda può essere attribuita al crescente utilizzo di getti con superfici decorative ed estetiche nell'industria automobilistica. Dall'altro lato, ci sono sempre più ragioni tecniche che richiedono la massima qualità superficiale dei componenti pressocolati. Anche in questo caso, l'industria automobilistica svolge un ruolo importante, in quanto sempre più autovetture sono dotate di sistemi di assistenza che richiedono contenitori con la massima qualità superficiale per proteggere i componenti elettronici installati. I contenitori delle batterie dei veicoli elettrici devono offrire la massima precisione nelle aree di tenuta e quindi necessitano di stampi con un'eccellente resistenza agli shock termici. Il progresso delle tecnologie di teleco-

PubliTec

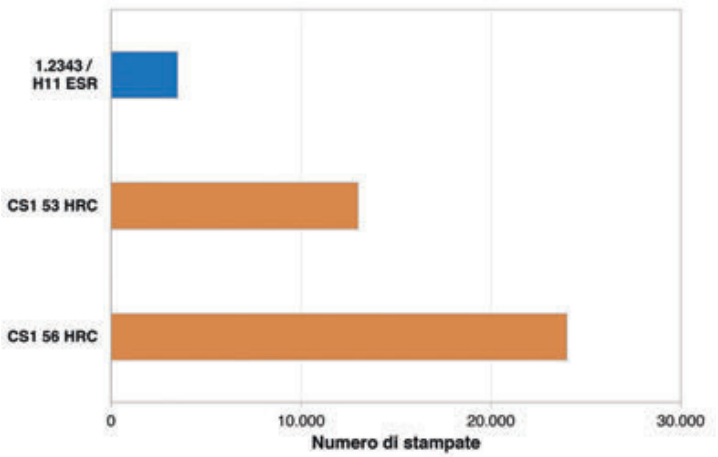
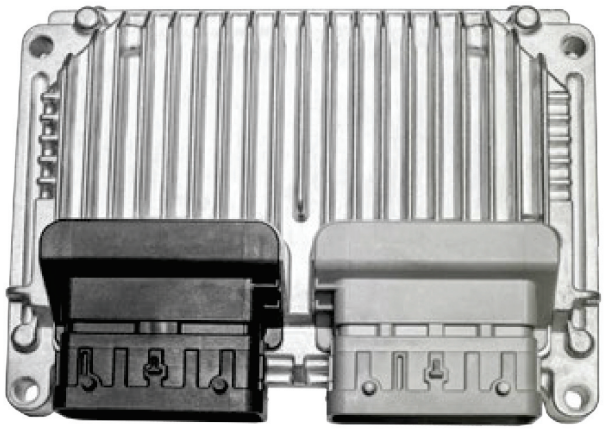




Figura 8: Supporto della leva del freno di un motociclo e dati su numero di colpi degli stampi

Figure 9: Motorcycle brake lever holder and performance data of the dies



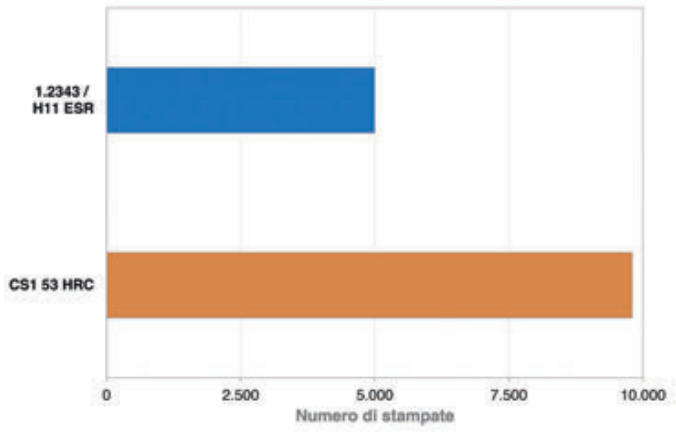


Figura 9: Coperchio per un'unità di memoria elettronica per autoveicoli e dati sulle prestazioni dello stampo

Figure 9: Cast cover for an automotive electronic storage unit and performance data of the die

municazione, come ad esempio la tecnologia 5G, ha generato un'enorme richiesta di contenitori ottenuti in pressocolata a basso costo e con un'elevata qualità superficiale. Le numerose alette di raffreddamento e le sezioni di tenuta rappresentano una sfida per le fonderie e richiedono un acciaio per stampi con la massima resistenza alle rotture da shock termico.

Un esempio di questi prodotti è illustrato nella Figura 4.

Molto spesso le cricche da shock termico sulle superfici degli stampi sono responsabili di costose operazioni di rilavorazione della superficie dello stampo o addirittura della fine della vita degli stampi. Le cricche da shock termico, con il loro tipico aspetto a rete, si trasferiscono sulla superficie del getto e riducono drasticamente la funzionalità (ad esempio nel caso di superfici di tenuta o di montaggio) o la qualità estetica dei prodotti fusi. Per soddisfare i requisiti estremamente elevati in termini di qualità della superficie, gli stampi devono offrire una resistenza molto più elevata alle cricche da shock termico rispetto al passato, al fine di produrre in modo efficiente. Kind & Co ha quindi sviluppato la nuova qualità premium CS1, che offre una resistenza molto più elevata contro le cricche da shock termico rispetto agli acciai da utensili per lavorazione a caldo già affermati, come H11 o H13.

A causa del maggiore contenuto di carbonio, il CS1 rivela una durezza secondaria massima più elevata e una migliore resistenza al rinvenimento rispetto all'H11 o all'H13 (Figura 5).

La resistenza alle alte temperature di CS1 supera nettamente H11 e H13. L'aumento della durezza porta a una resistenza alle alte temperature ancora più elevata (Figura 6). In grigio è riportato l'intervallo di temperatura a cui è esposta la superficie della cavità ad ogni colpo.

Nonostante una durezza di lavoro insolitamente elevata, il CS1 offre un'eccezionale tenacità, tanto che anche con

Applicazione	Requisiti	Dimensioni in inches	Durezza CS1 in HRC	Acciaio di comparazione	Durezza in HRC	Risultato
Custodia in alluminio (elettronica)	Qualità superficiale molto elevata, nessuna traccia di cricche	13,8 x 15,7 x 4,8	49 + 1	H11 ESR mod.	47 ±1	Usura ridotta del 30% dopo 90.000 colpi
Console centrale auto sportiva tedesca	Qualità superficiale molto elevata, parte visibile	4,9 x 4,1 x 31,9	49 + 1	H11 ESR	n.a.	130.000 colpi, più del previsto
Supporto per spoiler posteriore auto sportiva tedesca	Qualità superficiale molto elevata, componente verniciato	5,5 x 19,3 x 40	49 + 1	H11 ESR	n.a.	Cliente soddisfatto dopo 60.000 scatti, avvia ulteriori applicazioni
Blocco motore per moto tedesca	Qualità superficiale molto elevata, parte visibile	13,6 x 13,6 x 4,3	48 – 50	H11 ESR	n.a.	Avviata con successo la sperimentazione. Le matrici precedenti eliminate dopo 20.000 colpi
Trattore, pedale del gas	Elevati requisiti di superficie	15,2 x 14,0 x 4,3	52 - 54	H13 ESR mod.	n.a.	Dopo 30.000 scatti sono visibili chiari vantaggi per CS1
Trattore, coperchio motore	Tolleranze di produzione ridotte	13,8 x 14,2 x 4,1	51 – 53	H13 ESR mod.	48 ±1	Risultati molto buoni. Il CS1 ha sostituito il modello H13 ESR.

Tabella 1: Risultati delle prove di applicazione con matrici di CS1
Table 1: Results of application trials with dies of CS1

una durezza di 56 HRC il CS1 supera il requisito NADCA per l'H13 a 45 HRC (Figura 7).
La combinazione di elevata durezza, resistenza alle alte temperature e tenacità drasticamente aumentata determina un'eccellente resistenza agli shock termici e un grande miglioramento delle prestazioni dello stampo.
I risultati dei seguenti casi di studio dimostrano gli effetti positivi dell'uso del CS1 sulle prestazioni dello stampo e sui costi di manutenzione. Il primo caso di studio realizzato con CS1 è stato effettuato in un'azienda tedesca di pressocolata che produce supporti per le leve dei freni delle motociclette, come illustrato in modo esemplificativo nella Figura 8. I prodotti sono caratterizzati da superfici verniciate o cromate, in modo che i più piccoli difetti superficiali sullo stampo appaiano sul prodotto. Il fonditore ha provato stampi in H11 ESR e in molti altri acciai premium di qualità superiore, ma non è riuscito a raggiungere più di 3.500 colpi per stampo. Il successo della prima prova con stampi in CS1 e una durezza di 53 HRC – 13.500 colpi – ha motivato il fonditore ad aumentare la durezza fino a 56 HRC. Il risultato di 24.000 colpi dimostra un aumento delle prestazioni dello stampo di circa il 600%.
Il secondo caso di studio (Figura 9) rappresenta un prodotto fuso con tre aspetti impegnativi. I contenitori delle unità elettroniche per autoveicoli devono avere superfici molto lisce all'interno, in modo da proteggere le apparecchiature elettroniche installate dalle abrasioni. Le aree di tenuta devono essere fuse con la massima precisione, in modo da evitare tracce di crepe da shock termico in queste sezioni. La terza sfida è rappresentata dalle alette di raffreddamento sulla superficie esterna dei contenitori. In tutti e tre gli aspetti, le cricche da shock termico riducono la qualità del prodotto fuso e causano costose rilavorazioni dello stampo e del prodotto. A causa degli elevati requisiti di superficie, gli inserti per stampi in H11 hanno dovuto essere messi fuori servizio dopo soli 5.000 colpi. Gli stampi in CS1 con una durezza di 53 HRC hanno raggiunto una durata di quasi 10.000 colpi.
Le alette di raffreddamento o le nervature di rinforzo sul prodotto fuso rappresentano una sfida generale per gli stampi. Le scanalature profonde corrispondenti all'interno degli stampi sono luoghi di accumulo di stress durante la colata e le scanalature sottili e profonde sono altamente sensibili alle cricche da shock termico. Le cricche da shock termico sul fondo delle scanalature ostacolano il processo di sformatura. L'alluminio si infiltra nelle fessure da shock termico dentellate, cosicché dopo la solidificazione è necessaria una forza maggiore per la sformatura, con conseguente deformazione del getto. È stato riportato che persino le nervature si sono staccate durante il processo di sformatura, causando costosi e lunghi lavori di riparazione degli stampi. Una superficie liscia dello stampo, grazie a un acciaio per stampi con un'eccellente resistenza agli shock termici, può ridurre questo rischio. I risultati positivi ottenuti in queste prove applicative hanno portato a considerare l'utilizzo del CS1 per gli stampi di shock towers, se la cavità non è troppo profonda. I risultati di ulteriori prove sono elencati nella Tabella 1.

Riferimenti e bibliografia

1. Schruff, I., "Componenti strutturali pressocolati - una sfida per i fornitori di acciai per utensili per lavorazione a caldo", NADCA Transactions 2012, Paper 83.
2. Schruff, I., "Componenti strutturali pressocolati per la costruzione di autoveicoli leggeri", Casting Plant & Technology, n. 2 (2015), pagg. 40-45.
3. Anonimo, "Decisione n. 1753/2000/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 giugno 2000, che istituisce un sistema di informazione e di controllo per le persone con disabilità". per monitorare le emissioni specifiche medie di CO_2 delle autovetture nuove" - www.europa.eu
4. Schruff, I., "Il nuovo grado premium CS1 - una soluzione per gli stampi di pressocolata con i più alti requisiti superficiali", NADCA Transactions 2020, Paper 052
5. North American Die Casting Association, "Special Quality Die Steel & Heat Treatment Acceptance Criteria for Die Casting Dies", pubblicazione n. 229, 2018

Si ringraziano per i contributi e la traduzione il Sig. Daniele Beretta, Responsabile Tecnico Metallurgico di Kind Special Alloys Italia (daniele.beretta@kind-special-alloys.it) ed il dr. Alessandro Biondi, Responsabile Commerciale Die Casting Tool Steels, Kind Special Alloys Italia (alessandro.biondi@kind-special-alloys.it)

PubliTec