



For Dies with Highest Surface Requirements: CS1

by Ingolf Schruff (Kind & Co., Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG, Wiehl, Germany)
and Daniele Beretta (Kind Special Alloys Italia srl, Collegno, Italia)

For over 130 years, Kind & Co. has been producing high-quality tool steel. With a unique combination of high-temperature strength and toughness the newly developed premium hot-work tool steel CS1, provides an enormous improvement in thermal shock resistance and is therefore best suitable to fulfil highest surface requirements of die casting dies

The international die casting industry currently goes through a period of enormous changes. Due to new automotive power systems the number of classical automotive die cast components will go down.

Automotive light weight concepts will lead to the development of new die cast structural components. New developments in telecommunication and other electronic devices require ambitious die cast components. More and

*This report is an excerpt from the original publication in "GIESSEREI, 107 (2020) No. 5-6, pp 49 - 53

*Questo articolo è un estratto della pubblicazione originale in "GIESSEREI, 107 (2020) n. 5-6, pagine 49-53

more the surface quality of the dies and of the cast products plays an important role in the die casting industry.

Thermal shock cracks as main failure reason of dies

With every shot drastic temperature changes on the cavity surface are caused by the casting process. They are responsible for the generation of thermal shock cracks which typically reveal a network appearance. The growth of the cracks into the die but also the transfer of the crack morphology onto the surface of the casting reduce the quality of the castings as well as the lifetime of the dies. Reducing the number and depth of the cracks has therefore direct influence on the efficiency of the die casting process. Using the minimum spray cooling technology can be one step to control the generation of thermal shock cracks but it requires a new design of the cooling system of the dies. Dies for minimum spray cooling usually have a higher number of cooling channels and spot coolings within a close distance between cooling system and working surface of the dies. Stress peaks resulting from these modifications can be compensated better by premium steels with improved high-temperature strength and toughness than by standard hot-work tool steels.

Hardness, high-temperature strength and toughness of a hot-work tool steel define the resistance of the steel against thermal shocks. Increasing the hardness of a die

casting die will improve the high-temperature strength of the steel but will reduce its toughness. A more promising approach to improved thermal shock resistance is the development of a new grade which combines very high high-temperature strength with high toughness.

The new premium hot-work tool steel CS1

The alloy concept of the Cr-Mo-V-alloyed steel grade CS1 aims for improved high-temperature strength and the production route via Electro-Slag-Remelting (ESR) in combination with optimized heat treatment processes provide a higher working hardness level in combination with excellent toughness.

From the die steel's perspective, the performance of the die depends mainly on these properties of the die steel:

- Tempering resistance – that is the resistance against undesired softening during operation;
- High-temperature strength – measured as 0,2%-yield strength in tensile tests at elevated test temperatures describing the steel's strength;
- Impact toughness – the capability to compensate sudden mechanical loads by plastic deformation, usually measured with ISO-V-notch samples.

From the combination of these properties, mainly high-temperature strength and toughness, results the resistance against thermal shocks. Figures 1 – 4 describe the tempering resistance, the high-temperature strength, and

Pressocolata

CS1: acciaio per stampi di getti ad alta qualità superficiale

Da oltre 130 anni Kind & Co. produce acciaio per utensili di alta qualità. Con una combinazione unica di resistenza alle alte temperature e tenacità, l'acciaio per utensili CS1 premium di nuova concezione offre un enorme miglioramento nella resistenza agli shock termici ed è quindi più adatto a soddisfare i più elevati requisiti superficiali dei getti pressocolati

L'industria mondiale della pressocolata sta attraversando un periodo di enormi cambiamenti. A causa dei nuovi sistemi di propulsione nell'industria automobilistica il numero dei tradizionali componenti pressofusi andrà a diminuire; allo stesso tempo il concetto di riduzione del peso porterà allo sviluppo di nuovi componenti strutturali pressofusi. I nuovi sviluppi nel settore delle telecomunicazioni e di altri dispositivi elettronici generano a loro volta la necessità di componenti pressofusi sempre più sofisticati. La qualità superficiale dei prodotti, ed ancor prima degli stampi, assume quindi sempre più importanza nel settore della pressocolata.

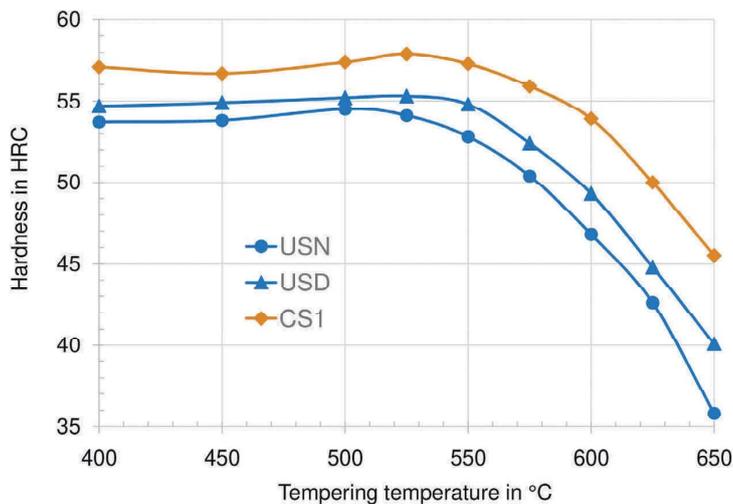
Shock termico: la prima causa per una durata ridotta degli stampi

Ad ogni stampata il processo di fusione causa drastiche variazioni di temperatura sulla superficie degli stampi. tali variazioni sono responsabili della formazione di cricche da shock termico che in genere rivelano un aspetto reticolare. La propagazione delle cricche nella matrice ma anche il trasferimento della cricca sulla superficie della fusione riducono la qualità delle fusioni e la durata delle matrici. La riduzione del numero e della profondità delle cricche ha quindi un'influenza diretta sull'efficienza del processo di pressocolata. Quantità minima

Tempering behaviour

Figure 1: Tempering behaviour of CS1 in comparison to grades USN and USD

Figura 1: Resistenza al rinvenimento dell'acciaio CS1 rispetto agli acciai USN e USD



As indicated in figure 1 CS1 develops a significantly higher secondary hardness maximum and improved tempering resistance than the two other grades. This gives dies of CS1 a much better protection against softening during operation. The toughness of CS1 exceeds the grades USN ESR and USD ESR by far (figure 2).

The resistance of a hot-work tool steel against thermal shock cracks depends mainly on its high-temperature strength. Figure 3 clearly indicates the improved high-temperature strength of CS1 compared to the classical grades USN ESR and USD ESR. Marked in grey is the temperature range which is at least temporarily achieved at the surface of the cavity with each shot. The benefit of CS1 is clearly visible. The increase of hardness of CS1 results in even higher values of the high-temperature strength (figure 4).

the toughness of CS1 in comparison with the grades USN ESR (1.2343 ESR; AISI H11 ESR) and USD ESR (1.2344 ESR; AISI H13 ESR).

The benefits in toughness and high-temperature strength allow dies of CS1 to be hardened up to 56 HRC and giving them an enormous improvement in thermal shock resistance.

Comparison of toughness

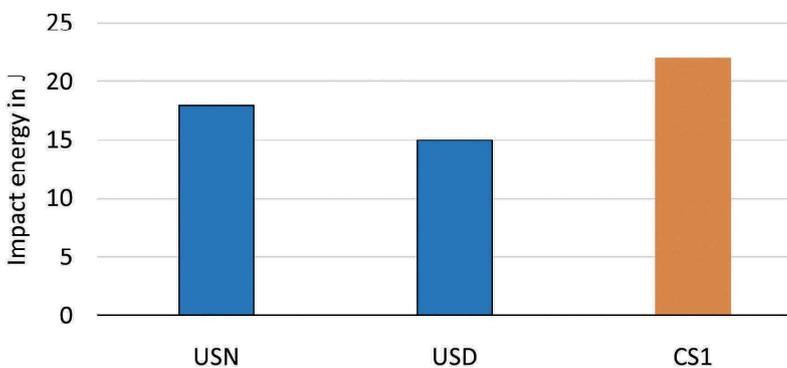


Figure 2: Comparison of toughness of grades CS1, USN ESR, and USD ESR (ISO-V-notch samples in transverse orientation from the center of forged bars; hardened + tempered to 45 HRC)

Figura 2: Confronto della tenacità degli acciai CS1, USN ESR e USD ESR (provini ISO-V-notch prelevati sulla sezione trasversale dal centro delle barre forgiate, temprate e rinvenute a 45 HRC)

di spray per raffreddamento superficiale e lubrificazione dello stampo può essere un processo adatto a controllare e limitare la formazione di cricche da shock termico ma richiede un nuovo design del sistema di raffreddamento degli stampi.

Le matrici con un utilizzo minimo del raffreddamento a spruzzo hanno solitamente un numero maggiore di canali di raffreddamento e punti di raffreddamento ad una distanza ravvicinata tra il sistema di raffreddamento e la superficie di lavoro degli stampi. I picchi di stress risultanti da queste modifiche possono essere compensati meglio dagli acciai premium, con resistenza e tenacità alle alte temperature migliori rispetto agli acciai per utensili a caldo standard.

La durezza, la resistenza alle alte temperature e la tenacità di un acciaio per utensili per lavorazione a caldo definiscono la resistenza dell'acciaio contro gli shock termici. Aumentare la durezza di una matrice di prescolata migliorerà la resistenza alle alte temperature dell'acciaio ma ridurrà la sua tenacità. Una soluzione più efficace per migliorare la resistenza agli shock termici è l'utilizzo di un nuovo acciaio che combina un'altissima resistenza alle alte temperature con un'elevata tenacità.

Nuovo acciaio da utensili per lavorazioni a caldo CS1 Premium

L'acciaio legato al Cr-Mo-V CS1 è stato creato per migliorare la resistenza alle alte temperature. Tramite il processo di rifusione sotto scoria elettro-conduttrice Electro-Slag-Remelting (ESR) ed in combinazione con processi di trattamento termico ottimizzati si possono ottenere ed applicare in esercizio livelli di durezza elevati con una resilienza eccellente. Le prestazioni dello stampo dipendono principalmente da queste proprietà dell'acciaio:

With a hardening temperature of 1030 °C and soaking time of 60 minutes CS1 is easily hardenable in vacuum furnaces.

Examples of successful application

The combination of the properties described before is the basis for the die performance during casting.

Motorcycle components nowadays demand for highest surface quality - for aesthetic and for technical reasons. The container of the brake fluid for a motorcycle (figure 5) has surfaces which are either painted or chromium plated. Smallest surface defects of the dies will be visible immediately. Although the caster had tried numerous premium hot-work tool steels from various producers the maximum performance of the die inserts was 3.500 shots. Then the inserts had to be scrapped because of the extreme surface requirements. After first successful trials with dies of CS1 and a hardness of 53 HRC the caster finally raised the hardness to 57 HRC and repeatedly achieved a constant performance of 13.000 shots.

Electronic assistance and safety systems for cars or cases of electronic devices require aluminium housings with very smooth surfaces in order to protect the installed electronic circuits from mechanical impacts. Sealing areas require similar surface quality.

Dies for a cover as shown in figure 6 had originally been made of grade 1.2343 ESR (H11 ESR). After only 5.000 shots first defects appeared in the sensitive sealing areas. In the

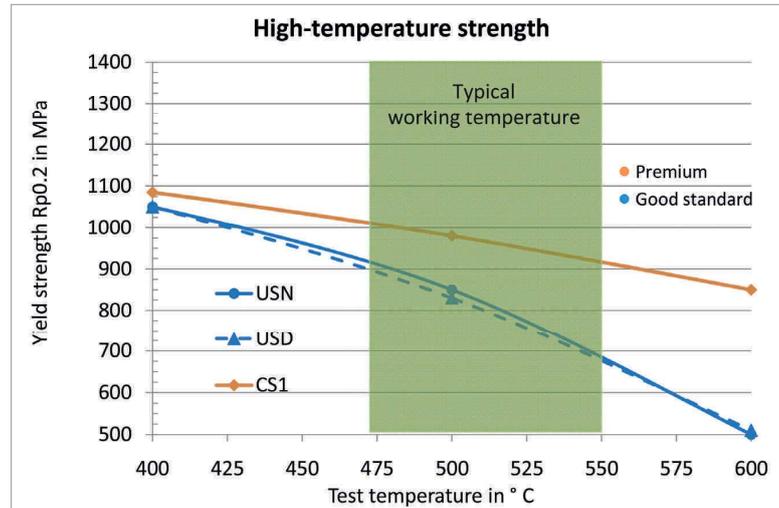


Figure 3: Comparison of the 0,2 %-Yield strength of USN ESR, USD ESR, and CS1 as description of the high-temperature strength; all samples hardened + tempered to 45 HRC

Figura 3: Confronto della resistenza allo snervamento 0,2% di USN ESR, USD ESR e CS1 alle alte temperature; tutti i campioni temprati e rinvenuti a 45 HRC

actually ongoing test dies of CS1 (hardness 53 HRC) have not yet shown any surface defect after 7.200 shots. Throttle bodies as the one shown in figure 7 have extreme-

- Resistenza al rinvenimento - ovvero la resistenza alla perdita di durezza non idonea durante la produzione
- Resistenza alla trazione ad alte temperature - misurata come resistenza allo snervamento percentuale dello 0,2% a temperature elevate e che descrivono la resistenza dell'acciaio
- Resistenza all'urto o prova di resilienza: la capacità di compensare elevati carichi meccanici improvvisi mediante deformazione plastica, generalmente misurata con campioni ISO-V-notch.

Dalla combinazione di queste proprietà, principalmente la resistenza a trazione e la tenacità alle alte temperature si determina la resistenza agli shock termici. Le figure 1-4 descrivono la resistenza al rinvenimento, la resistenza alla trazione e la tenacità alle alte temperature dell'acciaio CS1 rispetto agli acciai USN ESR (1.2343 ESR; AISI H11 ESR) e USD ESR (1.2344 ESR; AISI H13 ESR).

Come indicato nella figura 1, CS1 sviluppa una durezza secondaria ed una resistenza al rinvenimento significativamente più elevata rispetto agli altri due acciai. Ciò fornisce alle matrici di CS1 una resistenza al rinvenimento

CS1 - Influence of hardness on high-temperature strength

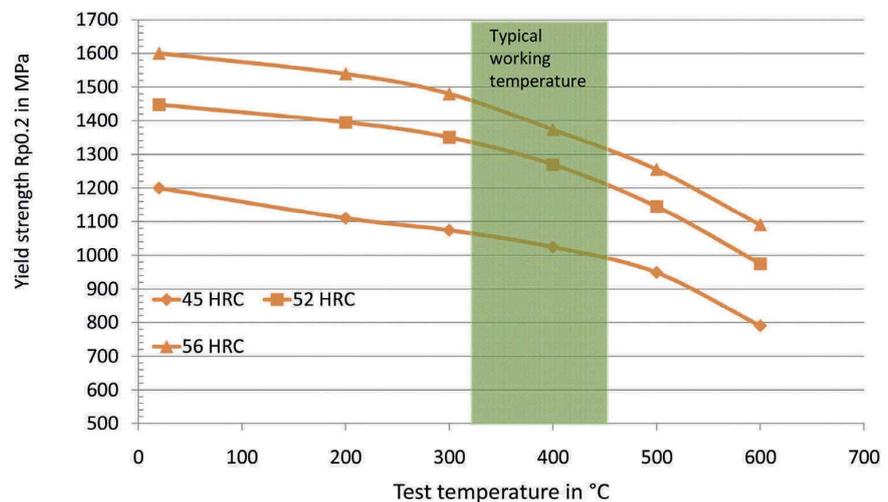


Figure 4: Influence of increasing hardness on the 0,2%-Yield strength of CS1

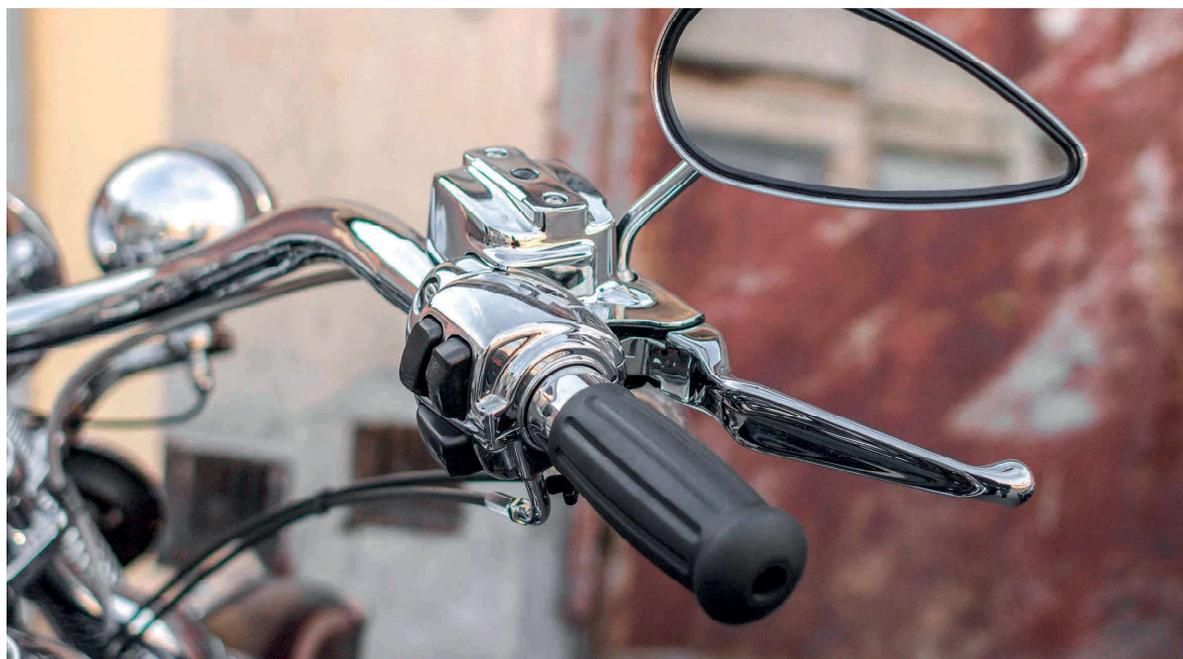
Figura 4: Influenza dell'aumento della durezza dell'acciaio CS1 in relazione allo snervamento allo 0,2%

migliore durante la produzione. La resistenza del CS1 supera di gran lunga quella degli acciai USN ESR e USD ESR (figura 2).

La resistenza di un acciaio per utensili per lavorazione

Figure 5:
Die cast brake
fluid container
of a motorcycle
(example)

*Figura 5: Contenitore
pressocolato del
liquido dei freni di
una motocicletta
(esempio)*



ly sensitive sealing surfaces which will not be machined after casting. The lifetime of dies of 1.2343 ESR (H11 ESR) ended after 90.000 shots but needed intensive repair and

maintenance work. Dies of CS1 had been used with a hardness of 52 HRC. During 90.000 shots the die had to be reworked only once because of small fragments broken out

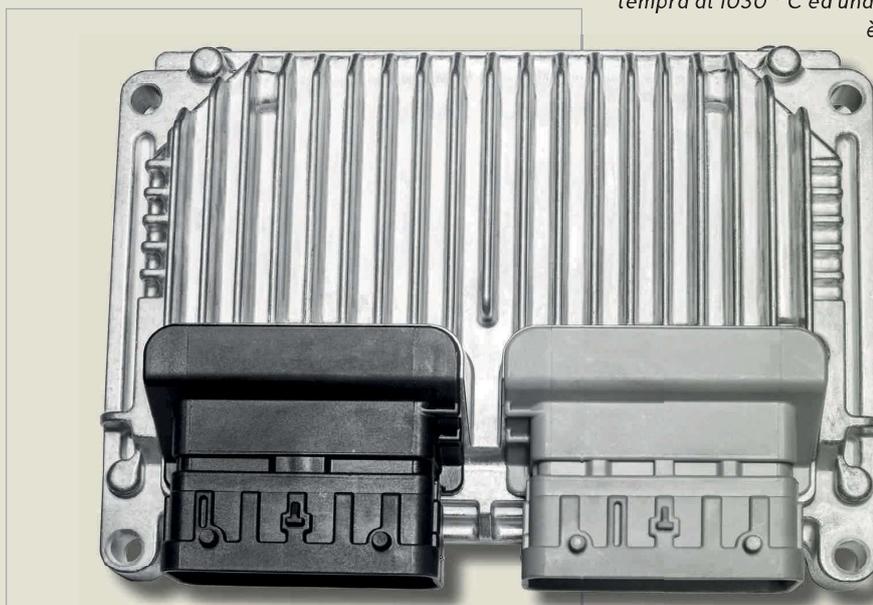
a caldo alla formazione di cricche da shock termico dipende principalmente dalla sua resistenza alle alte temperature. La Figura 3 indica chiaramente la migliore resistenza ad alta temperatura del CS1 rispetto ai classici USN ESR e USD ESR. Contrassegnato in grigio è l'intervallo di temperatura che viene almeno temporaneamente raggiunto sulla superficie dello stampo ad ogni stampa-

ta. Il vantaggio del CS1 è chiaramente visibile. L'aumento della durezza di CS1 determina valori ancora più elevati della resistenza alle alte temperature (figura 4).

I vantaggi in termini di tenacità e resistenza alle alte temperature consentono di indurire le matrici di CS1 fino a 56 HRC, offrendo loro un enorme miglioramento della resistenza agli shock termici. Con una temperatura di tempra di 1030 °C ed una permanenza di 60 minuti, il CS1 è facilmente temprabile in forni sottovuoto.

Figure 6:
Die cast cover
of a memory unit
(example)

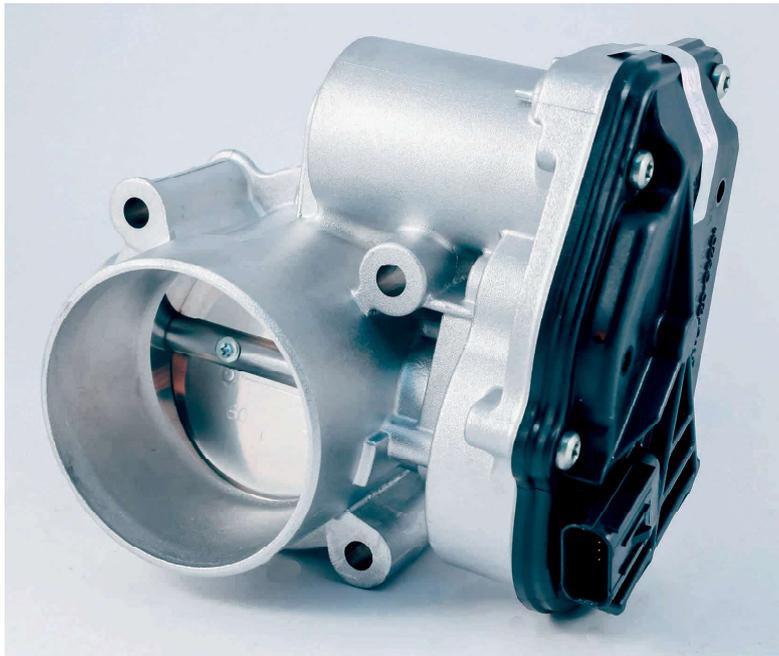
*Figura 6:
Cover pressocolata
di una unità
di memoria
per computer
(esempio)*



Esempi di prestazioni eccellenti con utilizzo di matrici in CS1

La combinazione delle proprietà precedentemente descritte è la base per le prestazioni della matrice durante la produzione.

Oggi i componenti per motocicli richiedono la massima qualità superficiale - per motivi estetici e tecnici. Il contenitore del liquido dei freni di un motociclo (figura 5) ha superfici verniciate o cromate. I più piccoli difetti superficiali degli stampi saranno quindi



CS1 during 90.000 shots was significantly shorter: 290 hours.

Figure 7:
Die cast throttle
body (example)

Conclusion

The die casting industry faces permanently increasing demands for surface quality. Developments like the minimum spray cooling technology can contribute to this goal but go along with higher die temperatures and require die steels with optimized properties.

With a unique combination of high-temperature strength and toughness the newly developed premium hot-work tool steel CS1 provides an enormous improvement in thermal shock resistance and is therefore best suitable to fulfil highest surface requirements of die casting dies. This benefit aims especially at cast components with technical or aesthetic surfaces where even smallest surface defects can end the die life. Industrial trials proved that CS1 has successfully contributed to improved surface

Figura 7:
Corpo farfallato
pressocolato
(esempio)

of the surface. The caster reported that dies of 1.2343 ESR needed an average maintenance of 780 hours during the lifetime of 90.000 shots. The maintenance time of dies of

surface quality of die and casting, extended lifetime of the dies, and drastically reduced maintenance efforts and costs in the die casting shop. ■

immediatamente visibili. Sebbene la fonderia abbia testato numerosi acciai per utensili a caldo di alta qualità di diversi produttori, la prestazione massima degli inserti per stampi è stata di 3.500 colate. Gli inserti erano poi stati rottamati a causa degli elevati requisiti superficiali richiesti. Dopo i primi test con esiti positivi con matrici in CS1 ad una durezza di 53 HRC, la fonderia ha infine aumentato la durezza a 57 HRC e ha ripetutamente mantenuto una prestazione eccellente e costante per 13.000 colate.

Le parti elettroniche e i sistemi di sicurezza per auto o dispositivi elettronici richiedono contenitori in alluminio con superfici molto lisce per proteggere i circuiti elettronici installati da urti meccanici. Le aree di tenuta richiedono una qualità superficiale simile.

Gli stampi per la produzione di cover, come quella mostrata nella figura 6, erano stati originariamente realizzati in USN ESR (1.2343 ESR - H11 ESR). Dopo solo 5.000 stampate, sono comparsi i primi difetti nelle aree più critiche dello stampo. Nei test attualmente in corso gli stampi di CS1 (durezza 53 HRC) non hanno ancora mostrato alcun difetto superficiale dopo 7.200 colpi.

I corpi farfallati come quello mostrato in figura 7 hanno superfici di tenuta estremamente sensibili che non vengono lavorate dopo la fusione. La durata delle matrici di 1.2343 ESR (H11 ESR) è terminata dopo 90.000 stampate, ma ha richiesto intensi lavori di riparazione e manutenzione. Le matrici in acciaio CS1 sono state usate con una durezza di 52 HRC. Durante le 90.000 stampate è stata

effettuata solo una manutenzione sullo stampo a causa di piccoli frammenti sparsi sulla superficie. La fonderia ha riferito che lo stampo in 1.2343 ESR ha avuto bisogno di una manutenzione di circa 780 ore durante la vita lavorativa per la produzione di 90.000 pezzi. Il tempo di manutenzione degli stampi di CS1 durante 90.000 colpi è stato significativamente più breve: 290 ore.

Conclusioni

L'industria della pressocolata deve far fronte a crescenti richieste di qualità superficiale. Gli sviluppi come la tecnologia di raffreddamento delle matrici con quantità minime di spray possono contribuire a questo obiettivo, ma vanno di pari passo con temperature della matrice più elevate e richiedono acciai della matrice con proprietà eccellenti.

Con una combinazione unica di resistenza alle alte temperature e tenacità, l'acciaio per utensili a caldo CS1 offre un enorme miglioramento della resistenza agli shock termici ed è quindi più adatto a soddisfare i più elevati requisiti superficiali delle matrici per pressocolata. Questo vantaggio riguarda in particolare i componenti tecnici o estetici dove anche i più piccoli difetti superficiali possono porre fine alla vita della matrice. I test industriali eseguiti hanno dimostrato che il CS1 ha contribuito con successo a migliorare la qualità superficiale di stampi e fusioni, a prolungare la durata degli stampi stessi ed a ridurre drasticamente i tempi ed i costi di manutenzione in fonderia. ■