Scelte ottimizzate per il trattamento termico di ruote ferroviarie nel rispetto dei criteri di sicurezza e ambiente

A. Ghidini, D. Petta, S. Cantini

Da un punto di vista tecnologico, la fase decisiva durante il processo di fabbricazione di un componente in acciaio speciale, necessaria per raggiungere le caratteristiche d'uso richieste, è il trattamento termico: infatti, per ottenere le massime qualità richieste da un acciaio, deve essere eseguito un trattamento termico specifico, nel rispetto dei parametri principali e molto selettivi stabiliti dal progettista e dal produttore del componente stesso.
Gli aspetti relativi al miglioramento continuo del prodotto e al processo di trattamento termico devono tuttavia essere affrontati in modo sicuro, completamente integrati nei flussi delle lavorazioni e nel rispetto dell'ambiente.
Questi aspetti rappresentano una questione culturale ed etica che non deve essere considerata solo in teoria o peggio come "slogan" ma deve diventare una conoscenza intima operativa dei pericoli e delle misure da attuare sui processi e impianti per prevenirne i rischi e per renderli eco-sostenibili.
Tale relazione descrive i processi di TT per ruote ferroviarie, mostrando diverse soluzioni e confrontando i vantaggi e gli svantaggi.
Vengono descritte soluzioni di processi di tempra diverse, che utilizzano differenti mezzi e modalità di raffreddamento, come acqua e soluzioni polimeriche, avendo bandito nel modo più assoluto fluidi interi a base di olio, per ragioni ambientali e di sicurezza.

PAROLE CHIAVE: RUOTA MONOBLOCCO FERROVIARIA, TRATTAMENTI TERMICI, SICUREZZA E AMBIENTE, TEMPRA DIFFERENZIALE;

INTRODUZIONE

Da un punto di vista tecnologico, la fase decisiva durante il processo di fabbricazione di un componente in acciaio speciale, necessaria per raggiungere le caratteristiche d'uso richieste, è il trattamento termico: infatti, per ottenere le massime qualità richieste da un acciaio, deve essere eseguito un trattamento termico specifico, nel rispetto dei parametri principali e molto selettivi stabiliti dal progettista e dal produttore del componente stesso.
Gli aspetti relativi al miglioramento continuo del prodotto e al processo di trattamento termico devono tuttavia essere affrontati in modo sicuro, completamente integrati nei flussi delle lavorazioni e nel rispetto dell'ambiente.
Questi aspetti rappresentano una questione culturale ed etica che non deve essere considerata solo in teoria o peggio come "slogan" ma deve diventare una conoscenza intima operativa dei pericoli e delle misure da attuare sui processi e impianti per prevenirne i rischi e per ren-

Andrea Ghidini, Stefano Cantini
Lucchini RS

Danilo Petta
Gearchem

derli eco-sostenibili.
Questo lavoro vuole descrivere i processi di TT per ruote ferroviarie, mostrando diverse soluzioni innovative applicate ad un ciclo integrato di fabbricazione, che permette di gestire tutte le fasi in un unico sito produttivo.
L'esperienza nella progettazione e fabbricazione dell'acciaio e il know-how nella produzione permettono di sviluppare tipologie di acciai avanzate per applicazioni ferroviarie specifiche, in grado di:
-risparmiare energia e risorse naturali di lega;
-minimizzare il costo ambientale nell'ambito dell'intero ciclo di vita della ruota ("cradle to cradle design");
-ridurre l'impatto ambientale nelle fasi di progettazione analisi chimica, fabbricazione acciaio e trattamento termico ruote.
In particolare, vengono di seguito descritte soluzioni di processi di tempra diverse, che utilizzano differenti mezzi e modalità di raffreddamento, come acqua e soluzioni polimeriche, avendo bandito nel modo più assoluto fluidi interi a base di olio, per ragioni ambientali e di sicurezza.
L'attività di sviluppo è stata condotta da LRS con il supporto di Gearchem, nella scelta opportuna dei fluidi di raffreddamento adottati.
L'applicazione delle soluzioni di tempra qui descritte è riferita alla ruota ferroviaria le cui caratteristiche di sicurezza e prestazioni in esercizio dipendono fortemente dalla calibrazione dell'analisi chimica della messa a punto del trattamento termico, al fine di ottenere la micro-struttura voluta e le necessarie proprietà meccaniche ed uno stato di tensioni residue di compressione nella parte esterna, assai utili in esercizio, in quanto inibiscono la propagazione di indesiderate cricche di fatica per contatto.

LA RUOTA FERROVIARIA

La ruota ferroviaria è un componente critico per la sicurezza del trasporto su rotaia che si è evoluto nel corso di oltre 150 anni sia nel design, passando, ad esempio, dalla ruota con cerchione (ruota cerchiata) alla più sicura ruota monoblocco con trattamento di rim chilling, sia nella soluzione metallurgica che la costituisce [1].
Una moderna ruota monoblocco ha diverse funzioni, tra cui quella di mantenere il veicolo sulla rotaia, sostenerne il peso, trasmettere alla rotaia le coppie di trazione e frenatura, fungere essa stessa da elemento di dissipazione dell'energia cinetica in calore (nel caso delle ruote frenate a ceppi) e, non da ultimo, chiudere il circuito elettrico tra catenaria e rotaia. Il design della ruota deve tenere conto di tutte queste funzionalità e la scelta della soluzione metallurgica costituisce un fattore di successo del progetto. Quest'ultima, in particolare, determina anche la performance in esercizio, al pari della "mescola" di uno pneumatico nel trasporto su gomma.
La soluzione metallurgica, ovvero l'insieme di analisi chimica dell'acciaio e trattamento termico, viene, di volta in volta, calibrata in funzione del profilo di missione del veicolo. Vi sono, tuttavia, caratteristiche comuni per tutte le ruote: la parte che rotola sulla rotaia, detta "rotolamento", deve resistere a usura e fatica da contatto, mentre la parte che supporta il carico, detta "cartella", deve resistere a fatica meccanica data da carichi verticali e laterali. Per questo, anche il trattamento termico è molto particolare: è detto di tempra differenziale e, in pratica, prevede un raffreddamento veloce della parte che rotola sulla rotaia, per conferire durezza e resistenza all'usura, ed un raffreddamento più lento della parte centrale, per conferire maggior resilienza [2].
In questo articolo ci concentreremo sul trattamento di tempra della parte del rotolamento (rim chilling), analizzando le strutture metallurgiche che si vengono a creare durante il trattamento termico, le modalità per contenere l'entità delle strutture indesiderate.
Per far questo è necessario soffermarci un istante sui materiali per ruote ferroviarie.

MATERIALI PER RUOTE FERROVIARIE

I materiali per ruote più comunemente utilizzati per l'alta velocità e per applicazioni speciali sono ad oggi acciai al carbonio con un tenore di carbonio che spazia tra 0.45 e 0.60 wt%, allo stato "rim chilled" (tempra differenziale, Figura 1), così da ottenere una microstruttura prevalentemente perlitica in prossimità della superficie di rotolamento ed uno stato di tensioni residue di compressione nella corona che aumentano la soglia di propagazione di eventuali cricche radiali che potrebbero nascere da fenomeni di fatica termica o fatica da contatto durante l'esercizio [3].

Fig.1 - RTrattamento di tempra differenziale (Rim Chilling) presso Lucchini RS.

Esistono diverse normative e designazioni degli acciai, ma le tipologie di acciaio più utilizzate per l'alta velocità e per impieghi speciali sono quelle riassunti in Tabella 1, secondo la normativa EN13262. Tutte le tipologie di acciaio menzionate sono adatte per ruote frenate a disco, mentre quelle evidenziate in verde sono utilizzate anche per applicazioni di frenatura a ceppi.

Tab.1 - Tipologie di acciaio per ruote ferroviarie; in verde sono indicati i materiali utilizzati anche per applicazioni con frenatura a ceppi.

Standard	Steel grade	LRS Brand	Carbon (wt%)
EN 13262	ER6	E.R6 UPLOS®	≤ 0.48
	ER7	E.R7 UPLOS®	≤ 0.52
		HYPERLOS®	
	ER8	E.R8 UPLOS®	≤ 0.56
		ARCTICLOS®	
	ERS8	SUPERLOS®	
	ER9	E.R9 UPLOS®	≤ 0.60

In Europa, due sono le tipologie di acciaio prevalentemente utilizzate sui treni:

- l'acciaio ER7 è quello dominante in particolare sui treni merci, che utilizzano tendenzialmente la frenatura a ceppi, ma anche su molte carrozze passeggeri.
- l'acciaio ER8, con un tenore di carbonio leggermente più alto rispetto all'ER7, è spesso utilizzato per le ruote dei moderni treni passeggeri con trazione distribuita tipo EMUs (Electric Multiple Units).

L'ottimizzazione del materiale per ruote per applicazioni nell'alta velocità in Lucchini RS si basa sul miglioramento degli acciai standard ER7, ER8, ERS8, ER9, secondo normativa EN13262, con l'introduzione dei brand LRS E.R7 UPLOS®, E.R8 UPLOS®, SUPERLOS®, E.R9 UPLOS®.

Lucchini RS sviluppa da decenni acciai per ruote destinate all'alta velocità e per applicazioni speciali, rendendo questi materiali nel tempo sempre più tenaci, resistenti ed in linea con le richieste crescenti del mercato ferroviario.

Il continuo miglioramento dei principali Indicatori di Qualità dell'acciaio ER7 e simili è principalmente dovuto al continuo miglioramento del materiale, combinato con l'innovazione continua nel processo produttivo e con la sua automazione.

Per raggiungere i risultati richiesti dalle sempre più stringenti specifiche, LRS ha adottato per i processi produttivi degli acciai le seguenti principali linee guida:

-processo produttivo di acciai "Super-Clean" e stretto controllo dello stato micro-inclusionale;
-appropriata calibrazione dell'analisi chimica,
-ottimizzazione del processo di trattamento termico di rim-chilling, con la finalità di ottenere la microstruttura ottimale richiesta per la ruota, migliorandone l'omogeneità e riducendo la presenza in essa di tracce di strutture intermedie, come descritto nel paragrafo successivo.

IL TRATTAMENTO TERMICO TIPICO DELLE RUOTE FERROVIARIE

Il Trattamento termico tipico a cui viene sottoposta una ruota ferroviaria dagli anni 70 in poi è il "rim chilling" o "tempra differenziale".
Esso consiste nell'austenitizzare la ruota completa e poi nel raffreddare il rotolamento con velocità di raffreddamento più elevate, rispetto a quelle della cartella e del mozzo. In pratica, l'obiettivo è di "temprare" il rotolamento, conferendogli caratteristiche di resistenza all'usura e alla fatica termica, e contemporaneamente "normalizzare" cartella e mozzo, per dare tenacità e duttilità alla parte interna della ruota.
Tale trattamento è ottenuto mediante l'utilizzo di una vasca speciale, dove la ruota austenitizzata viene alloggiata su di un piattello, che fa da guarnizione tra rotolamento e cartella, impedendo il passaggio dell'acqua nella parte interna della ruota. L'acqua viene immessa non appena la ruota è alloggiata e lambisce solo il rotolamento della stessa, raffreddandolo più rapidamente, rispetto al resto.
Alla fine del raffreddamento della ruota, che avviene in tempi diversi per il rotolamento, rispetto a cartella e mozzo, si instaura nella ruota stessa uno stato interno di pre-compressione che inibisce la propagazione di indesiderate cricche di fatica per contatto con la rotaia.
Con l'introduzione del «rim chilling» o «tempra differenziale», le ruote monoblocco sono diventate più performanti e più sicure, grazie allo stato di pre-compressione iniziale conferito dal particolare trattamento termico, che inibisce la propagazione di cricche, e al miglioramento delle caratteristiche meccaniche e di tenacità del rotolamento.
Ci si era comunque resi conto che la «ruota monoblocco rim chilled», pur risultando migliore della «ruota cerchiata» e della «ruota monoblocco normalizzata» utilizzate in precedenza, non sempre era atta a soddisfare le sempre più gravose condizioni che l'esercizio ferroviario stava imponendo.
Per tali ragioni, l'impianto di rim chilling si è evoluto nel tempo, alla ricerca di velocità di raffreddamento più elevate, regolabili a seconda della temprabilità reale del materiale appositamente studiato per la ruota, al fine di conferire le desiderate proprietà meccaniche, nel rispetto delle regole prioritarie di sicurezza e ambiente.
La condizione di partenza per il miglioramento continuo è stata la classica vasca circolare con ruota immersa, fissa e non rotante, con movimento di rotazione dell'acqua tangenziale al rotolamento, che ha dato risultati soddisfacenti fino al 2017.
L'idea principale è stata quella di mettere anche la ruota in rotazione controrotante al flusso dell'acqua, in modo da migliorare lo scambio termico.
Una volta realizzata questa soluzione su di una vasca prototipo con rotazione della ruota, si è lavorato in 4 direzioni differenti:

1) ruota immersa in acqua con ugelli tangenziali a lamina;
2) ruota immersa in soluzione acqua e prodotto Gearchem Pol G con ugelli tangenziali;
3) ruota in spray cooling con ugelli diffusori tangenziali;
4) ruota in spray cooling con atomizzatori tangenziali.

Ruota immersa in acqua con ugelli tangenziali a lamina: immersione dinamica

Il nuovo impianto di rim chilling è sostanzialmente operativo da gennaio 2018, nella configurazione completa di 12 vasche con ruota rotante, rotazione e ugelli a lamina tangenziale.
Rappresenta sicuramente un notevole passo in avanti, sia in termini qualitativi (omogeneità ruote, durezze nella sezione migliorate), sia in termini produttivi (riduzione dei tempi ciclo su produzioni standard, che permettono un migliore allineamento con le produzioni del laminatoio).
Ad oggi, la soluzione migliore è ancora l'immersione dinamica della ruota in vasca con contro-rotazione della stessa rispetto all'H2O, in un range di rotazione ottimizzato.
I vantaggi ottenuti possono essere così riassunti:
-aumento durezza HB a 35 mm di 13-14 HB;

-miglioramento dell'uniformità di durezza del rotolamento della singola ruota.
-miglioramento dell'omogeneità di tutte le vasche e quindi del lotto di TT;
miglioramento ripetibilità di processo.

Ruota immersa in soluzione acqua e pol G con ugelli tangenziali

L'ipotesi di miglioramento alla base di questo studio è quella di agire chimicamente sull'acqua, per migliorare lo scambio termico nel tempo.
Considerando la necessità ambientale di lavorare in circuiti chiusi, con conseguente aumento della temperatura dell'acqua durante l'esercizio continuato, per sopperire alla variazione di drasticità al crescere della temperatura, si è pensato di lavorare con additivi in acqua che potessero migliorare la bagnabilità e destabilizzare la fase di vapore.
L'idea di ottimizzazione di un quenching system specifico va nella direzione di un maggiore controllo e calibrazione nella gestione della fase di calefazione iniziale a caldo.
Quanto sviluppato da Gearchem per LRS ha permesso di impartire all'acqua caratteristiche di maggiore «bagnabilità» con destabilizzazione dell'adesione del vapore con l'aumentare della temperatura.
Negli spegnimenti in soluzione acquosa, l'abilità che si richiede durante il raffreddamento è quella di uniformare il più possibile l'estrazione di calore durante gli inevitabili meccanismi propri di uno spegnimento in liquido.
La disuniformità durante il raffreddamento è l'ostacolo maggiore per ottenere in maniera riproducibile le caratteristiche meccaniche ricercate.
Ricordiamo che l'inevitabile passaggio di stato liquido-gas con l'instaurarsi della fase di calefazione (Effetto Leidenfrost) e le successive fasi di ebollizione e convettiva comporta un'inevitabile discontinuità nella sottrazione del calore dalla superficie investita dal fluido.
Tenendo inoltre in considerazione che l'acqua tende ad avere una importante stabilizzazione del vapore che genera isolamento al trasferimento di calore, in particolare tende a crescere all'aumentare della temperatura del liquido e ad aderire selettivamente sulla geometria del particolare investito, ci si rende conto della complessità nel gestire tale spegnimento.

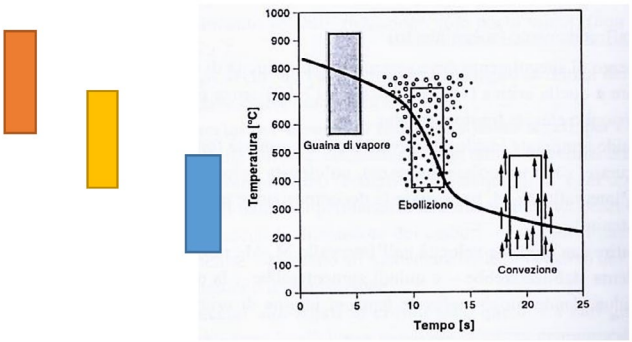

Fig.2 - Fasi di estrazione calore tipiche per tempra in liquido.

La chimica è costituita da una miscela di polimeri di derivazione naturale. La forte polarità spinge il prodotto ad interporsi tra metallo fase vapore dell'acqua facendola collassare velocemente. Concentrazioni relativamente basse. Prodotto poco pericoloso per le acque (WGK=1) e rapidamente biodegradabile

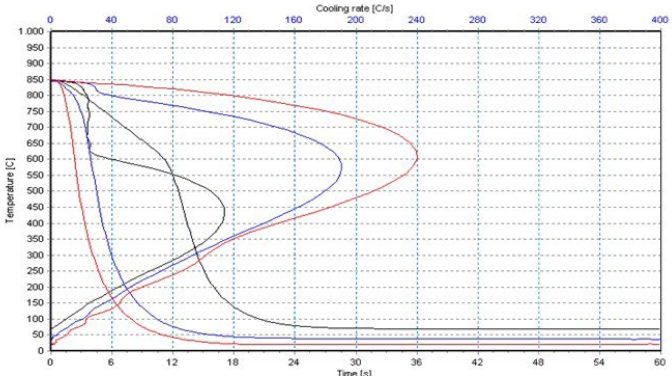

Fig.3 - Nera acqua 70°C / Blu acqua 40°C / Rossa Polyspeed G 5% a 40°C tutte a 1000 rpm.

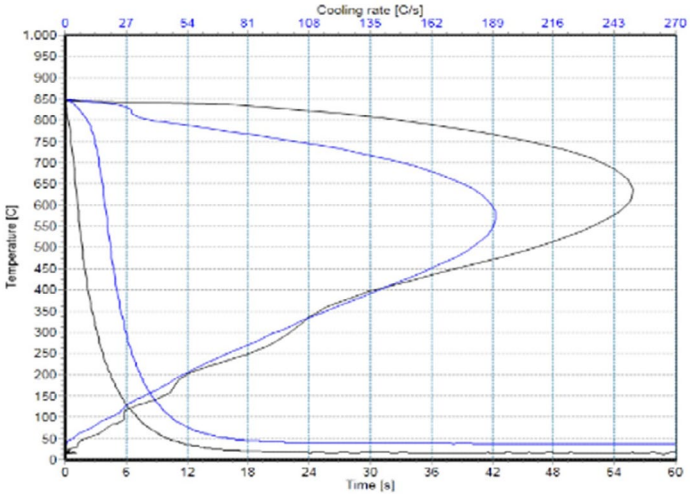

Fig.4 - Rossa acqua 15°C / Blu acqua 40 °C a 1000 rpm.

Ruota in spray cooling con ugelli diffusori tangenziali

Sono state testate varie condizioni con ruota immersa in vasca vuota e spray cooling con ugelli a lamina a sola acqua tangenti alla ruota.

I risultati sono tali da delineare miglioramenti tangibili su alcuni acciai, le cui CCT si sposano perfettamente con il raffreddamento determinato da tale tecnologia.

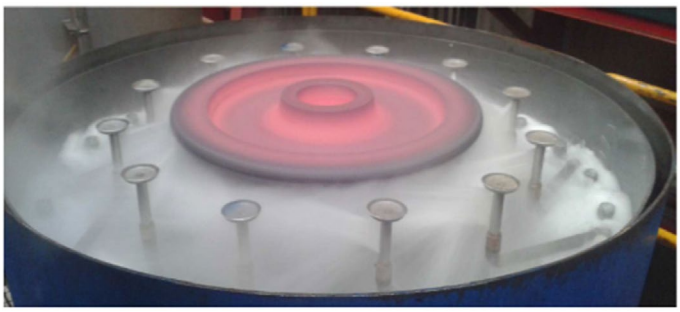

Fig.5 - Ugelli a lamina tangenti alla ruota, che ha moto controrotante rispetto al getto spray.

Ruota in spray-cooling con atomizzatori tangenziali

È stata studiata anche una soluzione "spray cooling" in grado di migliorare lo scambio termico mediante utilizzo di atomizzatori tangenziali, al fine di:

-nebulizzare alla giusta pressione;

-ottenere un «diametro di goccia» piccolo, per aumentare lo scambio termico e la bagnabilità;

-imprimere alla goccia una forza di spinta (cinetica) adeguata.

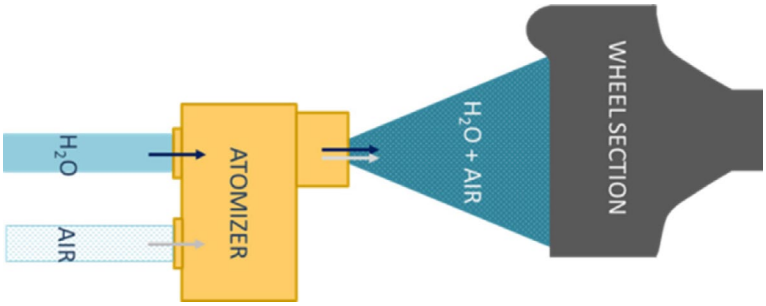

Fig.6 - Schema di funzionamento di un atomizzatore destinato allo spray-cooling.

Tale soluzione, per ora mantenuta sperimentale, potrà essere utile nei casi in cui divenga importante lo smagrimento delle analisi chimiche dei nuovi acciai, che necessiterà di drasticità di raffreddamento più elevate di quelle attualmente desiderate. Gli aspetti di strutture intermedie in sovrapposizione a quelle desiderate ci ha fatto capire che le traiettorie di raffreddamento durante il rim chilling vanno settate in modo opportuno acciaio per acciaio, come si evince dalla lettura del prossimo paragrafo.

EFFETTO DI TRACCE DI BAINITE NELLA PERLITE E FERRITE

Un esame attento delle CCT dei materiali in oggetto mette in evidenza una regione della CCT con traiettorie di raffreddamento intermedie in cui, in parallelo alla formazione di perlite, si formano anche fini aggregati aciculari di ferrite e cementite; il termine generico usato per queste "strutture intermedie" è "Bainite" dal nome di Edgar Bain che la osservò per la prima volta un secolo fa.

In pratica, la "Bainite" si forma durante i trattamenti termici per effetto di velocità di raffreddamento troppo elevate perché si formi la perlite, ma non abbastanza elevate per indurre la trasformazione in martensite.

Tecnicamente, possiamo dire che la "Bainite" è una struttura intermedia costituita da un aggregato non-lamellare di ferrite (α-Fe) e carburi (Fe_3C).

La struttura bainitica è generalmente più resistente e più duttile di quella perlitica di pari durezza, ma ha una più bassa resistenza all'usura abrasiva.

Vi sono, quindi, buone ragioni per non desiderare una struttura contenente isole di "Bainite" in superficie di una ruota ferroviaria: il motivo più rilevante è proprio il peggioramento del comportamento ad usura che determina una riduzione della vita utile della ruota. Per le ruote ferroviarie, infatti, le strutture perlitiche sono le migliori dal punto di vista della resistenza ad usura. Di conseguenza, l'intera circonferenza del rotolamento dovrebbe avere la medesima microstruttura perlitica, ma con una perlite di massima durezza possibile.

Una delle principali sfide nella produzione di ruote ferroviarie è, quindi, il miglioramento della tenacità e della resistenza allo snervamento della tavola di rotolamento, mantenendo la microstruttura del materiale desiderata, cioè la struttura prevalentemente perlitica.

Oggi, la produzione di ruote monoblocco, monitorata sul lungo periodo ha confermato la capacità di garantire valori elevati ed uniformi di proprietà meccaniche e tenacità. Questo importante risultato per la qualità e la sicurezza delle ruote ferroviarie è stato raggiunto anche lavorando sulla minimizzazione del contenuto di isole di struttura "Bainitica" nella struttura perlitica.

Tenacità alla frattura e resistenza allo snervamento rappresentano appropriati indici di qualità per ogni materiale e possono essere rappresentati chiaramente come mostrato nella mappa di Figura 7 per la tipologia di acciai R7/ER7 descritti nella EN13262.

Proprio per tracciare la qualità di un materiale in fase di produzione, è stato introdotto un indice di qualità composto, rappresentato su di una mappa che riporta sulle ascisse la resistenza allo snervamento e sulle ordinate la tenacità alla frattura, e a questo indice ci si può riferire nel tempo, per vedere i progressi e l'evoluzione dei materiali [4] [5].

La necessità di un valore di tenacità abbastanza alto, associato ad una adeguata resistenza meccanica, è infatti ben nota.

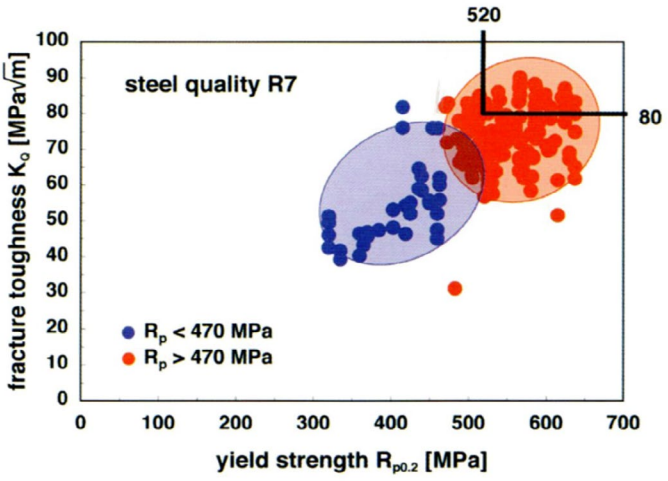

Fig.7 - Resistenza e tenacità di ruote monoblocco in acciaio R7/ER7.

L'evoluzione ed il progresso tecnico nella fabbricazione delle ruote per l'alta velocità sono un buon esempio di come gli aspetti sopra menzionati siano stati acquisiti.
In questo ambito si è sempre alla ricerca di una maggiore durata della ruota: per questa ragione le ruote per l'alta velocità sono state protagoniste di un continuo miglioramento nel tempo, che ha permesso loro di raggiungere performance impensabili fino ad una decina di anni fa.
In generale, la necessità di ridurre i costi di manutenzione dei veicoli ferroviari ha spinto, infatti, i produttori di ruote ferroviarie ad un continuo miglioramento dei loro processi produttivi ed a lavorare estesamente sull'aspetto della omogeneità della microstruttura delle ruote.
Un aspetto molto importante in fase di sviluppo di un materiale per ruote ferroviarie riguarda la riduzione quanto più possibile della presenza di strutture bainitiche (o strutture intermedie) concentrate nella zona superficiale della corona della ruota per effetto della velocità di raffreddamento imposta al rotolamento dal processo di tempra differenziale precedentemente descritto.
I principali motivi per cui è auspicabile avere la quantità più bassa possibile di strutture intermedie nella perlite e nella ferrite dell'acciaio sono:

- mirare ad un aumento dei valori di tenacità a frattura KIC sul materiale base della ruota;
- avere un miglior controllo della decrescita di KIC, dopo esposizione ad elevate temperature dovute, per esempio, a carichi termici generati dalla frenatura;
- ridurre l'energia di innesco delle cricche (mirare a più elevati valori di ΔKth);
- migliorare la resistenza all'usura e a fatica da contatto ciclico (RCF);
- diminuire la formazione del danneggiamento di Out of Roundness (OOR) della ruota durante l'servizio.

Negli ultimi anni, Lucchini RS ha dedicato ingenti risorse nella riprogettazione delle soluzioni metallurgiche per ruote ferroviarie al fine di migliorare i 2 seguenti parametri:

- micro-omogeneità della struttura del materiale base, che deve essere, nel rotolamento della ruota, prevalentemente perlite e ferrite con la quantità più bassa possibile di bainite e/o strutture intermedie;
- omogeneità dei valori di durezza e proprietà meccaniche sul rotolamento della ruota.

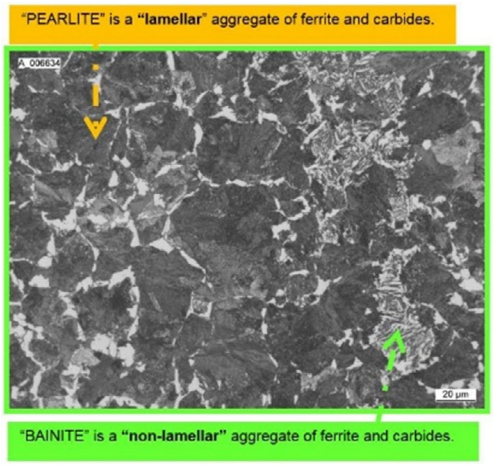

Fig.8 - La micrografia mostra macchie di struttura bainitica nella struttura omogenea di perlite lamellare; l'esame è stato eseguito in prossimità della superficie di rotolamento di una ruota in acciaio ER7.

A volte, osservando un campione metallografico, come evidenziato nella Fig. 7, nella perlite lamellare di ruote di tipo ER7/ER8/ER9, possono essere rilevate alcune zone di microstruttura bainitica, di solito principalmente localizzate vicino al diametro esterno del rotolamento della ruota.
Abbiamo visto come la formazione di bainite durante il raffreddamento continuo è un processo di trasformazione complesso che produce una miscela di fasi microstrutturali di morfologia complessa.
Nel caso degli acciai con tenore di carbonio medio-alto (C = 0.5%), il periodo di tempo per la trasformazione bainitica durante la fase di raffreddamento continuo è piuttosto lungo e in sovrapposizione con la trasformazione ferritico-perlitica [5].
Possiamo considerare il diagramma CCT come rappresentativo della potenzialità dell'analisi chimica di dare luogo a strutture, e quindi a proprietà, desiderate (vds. Figura 9); pertanto, la correlazione tra analisi chimica e CCT permette

di migliorare i materiali, in quanto permette di conoscere a priori quali saranno le strutture che si otterranno dopo trattamento termico con traiettorie di raffreddamento note e impostate alla vasca di rim chilling.

L'obiettivo è mirare all'ottenimento di strutture prevalentemente perlitiche dopo opportuno rim chilling.

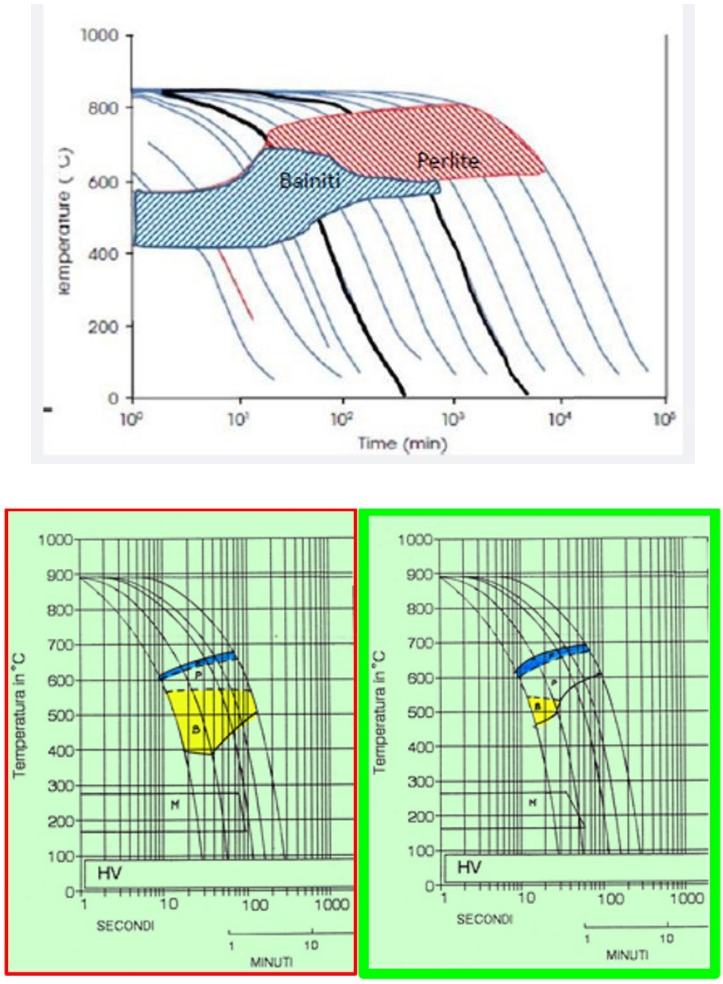

Fig.9 - I diagrammi CCT ottenuti sperimentalmente per acciaio ER7/ER8.

CONCLUSIONI

Il trattamento termico di ruote ferroviarie costituisce una interessante applicazione di diverse tecnologie che riguardano non solo gli impianti ma anche i fluidi impiegati per il raffreddamento dei pezzi.

L'evoluzione dei veicoli ferroviari, ora in grado di viaggiare in sicurezza a velocità prossime a 400 km/h o di trasportare merci con carichi per asse superiore alle 35 ton, ha definito nuovi requisiti per le moderne ruote che devono oggi garantire, in tutta sicurezza, performance d'esercizio impensabili nel secolo scorso.

Lucchini RS perseguendo il continuo miglioramento dei propri prodotti, negli ultimi anni ha adottato scelte impiantistiche che hanno permesso di aumentare il livello qualitativo delle proprie ruote, definendo un proprio standard che è superiore ai requisiti delle normative internazionali.

In questo percorso, GearChem ha messo a punto un prodotto ecocompatibile che permette di aumentare il potere di tempra del fluido impiegato (acqua) e di ottenere le caratteristiche desiderate senza dover intervenire in maniera sigificativa sul controllo della temperatura del fluido.

Lo studio ha anche permesso di ottimizzare la microstruttura limitando la formazione di bainite durante il raffreddamento.

Grazie al ciclo messo a punto, infatti, Lucchini RS piò meglio gestire le proprie pratiche operative atte a limitare la quantità di bainite nel rotolamento, lavorando in particolare su:

-ottimizzazione della composizione chimica, al fine di ottenere una CCT adatta;

-regolazione della velocità di raffreddamento durante il rim chilling, in modo da sfruttare le zone della CCT più adatte alla formazione di strutture omogenee.

Gli effetti di un opportuno bilanciamento tra analisi chimiche e parametri di trattamento termico sono tangibili:

-l'aggiunta o la diminuzione di determinati elementi all'acciaio, nella giusta combinazione e quantità precisa (entro i limiti consentiti dagli standard di prodotto), produce molti effetti desiderabili, oltre ad alterare l'estensione del campo bainitico, provocando un effetto benefico (vds. CCT in Figura 9);

-la possibilità di disporre di mappe di raffreddamento diversificate all'impianto di rim chilling, che si progettano sulla base della CCT del materiale.

L'esperienza acquisita ha confermato la capacità di Lucchini RS di sviluppare nuovi materiali, dotati di caratteristiche meccaniche e tenacità elevate e omogenee.

Tutto questo è anche caratterizzato da una elevata attenzione alla sostenibilità ambientale, ottenuta attraverso la produzione di acciaio, utilizzando i processi industriali più innovativi e le tecnologie più avanzate ed efficienti, il tutto nel rispetto della filosofia C2C (Cradle to Cradle).

BIBLIOGRAFIA

[1] M. Faccoli, A. Mazzù and A. Ghidini, LRS TECHNO 13 - HYPERLOS® wheels for shoe-braking applications, 2021.

[2] A. Ghidini, M. Diener e J. Schneider, LRS TECHNO 3 - Wheels for freight cars: development and applications for heavy haul service, 2010.

[3] A. Ghidini, M. Diener, A. Gianni e J. Schneider, LRS TECHNO 5 - SUPERLOS Innovative steel by Lucchini RS for high speed wheel application, 2012.

[4] M. Diener and A. Ghidini, LRS TECHNO 1 Reliability and Safety in Railway Products, 2009.

[5] A. Ghidini, M. Diener, A. Mazzù, N. Zani, C. Petrogalli e M. Faccoli, «Considerations about microstructure of solid wheels with traces of bainite,» 2019.

Optimised choices for safe and environmentally-friendly heat treatments of railway solid wheels

From a technological point of view, the decisive step during the manufacturing process of a special steel component, which is necessary to achieve the required use characteristics, is heat treatment: in fact, in order to obtain the highest qualities required by a steel, a specific heat treatment must be performed, in compliance with the main and very selective parameters established by the designer and the manufacturer of the component itself.

However, aspects related to continuous product improvement and the heat treatment process must be addressed in a safe manner, fully integrated into the processing flows, and with respect for the environment.

These aspects represent a cultural and ethical issue that must not be considered only in theory or worse as "slogans" but must become an intimate working knowledge of the hazards and measures to be implemented on processes and plants to prevent their risks and to make them environmentally sustainable.

This report describes heat treatment processes for railway wheels, showing different solutions and comparing advantages and disadvantages.

Different quenching process solutions are described, using different cooling media and modes, such as water and polymer solutions, having banned oil-based whole fluids in the most absolute way, for environmental and safety reasons.

KEYWORDS: QUENCHING SYSTEM RIM CHILLING, RAILWAY SOLID WHEEL, HEAT TREATMENT, SAFETY AND ENVIRONMENT, SAFETY AND ENVIRONMENT;