

Fluidi da tempra; stato dell'arte in campo automotive

a cura di: E. Morgano, D. Petta

La filiera produttiva di un manufatto metallico, nasce da barra in acciaieria dal processo di colata continua e prosegue con l'operazione di forgiatura a caldo o a freddo (a seconda della geometria), la lavorazione meccanica, i trattamenti termochimici di indurimento superficiale (in atmosfera oppure in bassa pressione) e si completa con il processo meccanico a freddo della pallinatura controllata (fig. 1).



Fig.1 -Filiera di un manufatto metallico.

Il diagramma CCT dell'acciaio utilizzato, permette di individuare le velocità di raffreddamento adeguate, al fine di raggiungere, a temperatura ambiente, le microstrutture previste (fig. 2)

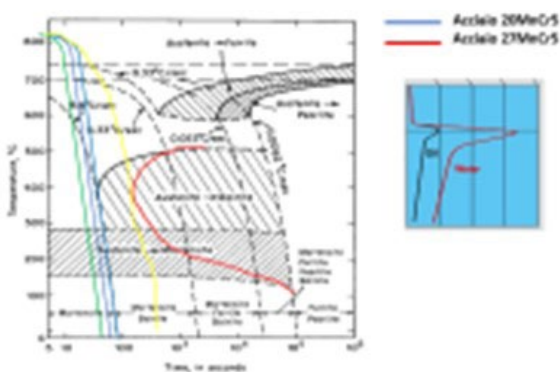


Fig.2 - Diagramma CCT in funzione del tenore di carbonio.

E. Morgano
SILCO Rivalta TO

D. Petta
GEARCHEM Castello D'Argile BO

La temprabilità di un acciaio è la proprietà che determina la penetrazione e distribuzione della durezza (dalla superficie verso il cuore dei particolari), quando esso viene raffreddato da temperature di tempra.

La temprabilità è funzione del tenore di carbonio, degli elementi di lega e della dimensione del grano austenitico. Poiché gli acciai speciali vengono prodotti con grano controllato, si può dire che la temprabilità di tali acciai dipende essenzialmente dalla loro composizione chimica. A parità di temprabilità dell'acciaio e di dimensioni del pezzo temprato, la percentuale di martensite presente, ad una data profondità, è tanto maggiore quanto più elevata è la drasticità del mezzo temprante (fig. 3).

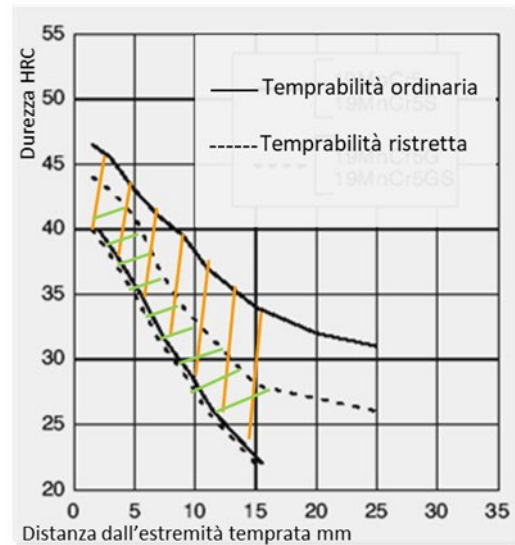


Fig.3 - Aspetto delle fasce di temprabilità.

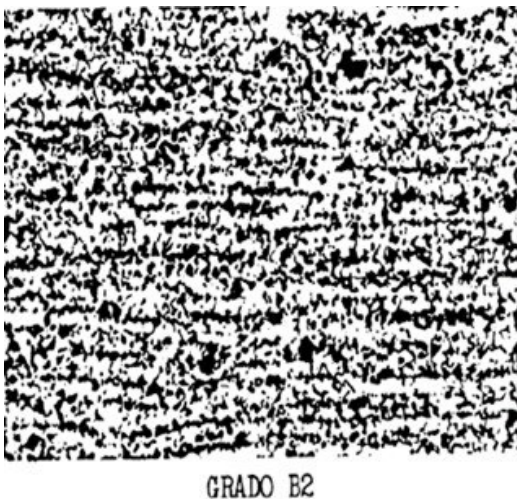


Fig.4 - Aspetto della bandatura.

Il livello di bandatura dell'acciaio, impatta sulle deformazioni finali, attraverso l'incremento localizzato della temprabilità; si tratta di micro segregazioni più o meno marcate a seconda dell'anisotropia chimica delle varie fasi di solidificazione.

Le strutture in bande, vengono generate dalle successive operazioni di deformazione plastica a caldo (stampaggio, forgiatura); i livelli di accettabilità vengono gestiti da prescrizioni e standard riportati sul progetto (disegno).

Si tratta di un livello massimo di grado B2 (fig. 4), con campione metallografico prelevato dalla superficie e fino ad una profondità di 2 mm.

La bandatura dell'acciaio è intrinseca nel processo di fabbricazione (acciaieria); può essere mitigata da successivi trattamenti termici massimi, quale ricottura isoterma. In questo caso vengono impiegate temperature superiori a quella di cementazione (920°C), in modo tale da limitare ulteriormente le distorsioni finali.

I trattamenti termici preliminari di ricottura (fig. 5) hanno fondamentalmente due obiettivi, quali il miglioramento della lavorabilità ed il contenimento delle deformazioni dopo il processo di cementazione e tempra.

In particolare, la ricottura isoterma effettuata a temperature superiori ai 940°C, permette di gestire al meglio le distorsioni indotte dalla fase di cementazione in atmosfera,

eseguita generalmente intorno ai 900-920°C.

Le caratteristiche di durezza e di microstruttura ottenibili sono le seguenti:

- Ricottura isoterma
Ferrite e perlite lamellare compatta - Durezza HB 140-185
- Ricottura globulare
Ferrite e perlite di tipo globulare - Durezza HB < 200

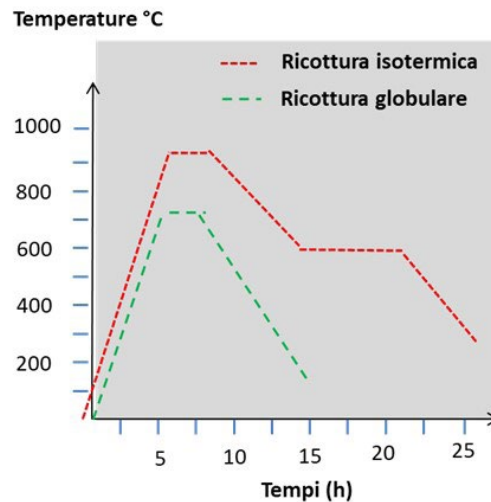


Fig.5 - Cicli di ricottura isoterma.

Come dimostratori della sperimentazione, sono stati individuati ruote dentate ed alberi primari del cambio di velocità manuale (fig. 6).

Per quanto riguarda gli alberi primari il processo prevede

l'operazione di raddrizzatura sul 100% della produzione, dopo il trattamento di cementazione, mentre sulle ruote dentate, viene eseguita l'operazione di sbarbatura prima dell'indurimento superficiale.

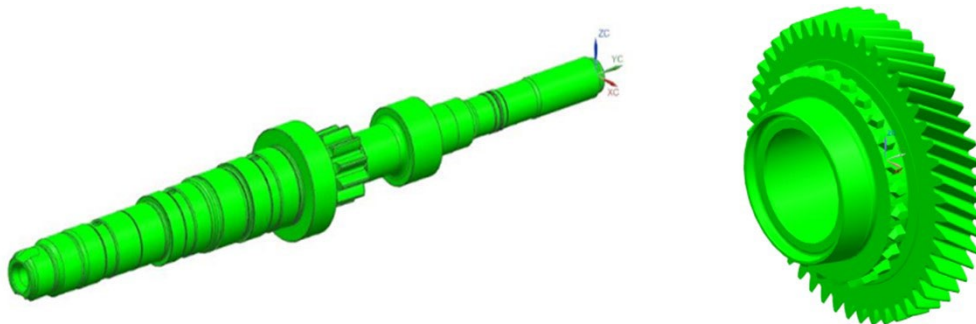


Fig.6 - Scelta dei dimostratori.

Le caratteristiche del fluido scelto si proponeva pertanto di smarcarsi dal tradizionale convincimento che la piena trasformazione microstrutturale si possa avere solo a discapito di un corretto contenimento dimensionale, dovendo nella maggior parte delle situazioni accettare un compromesso al ribasso tra le caratteristiche. Gestire al meglio questa fase, forse la più delicata dell'intero processo, significa unicamente creare delle traiettorie di raffreddamento atte a favorire la formazione di martensite a discapito delle microstrutture concorrenti quali ad esempio perlite e bainite. Ovviamente, come già ricordato, avremo un'influenza diretta, nel conseguire tale risultato, da parte della composizione chimica dell'acciaio, tipo di

mezzo temprante oltre che dalla geometria del particolare stesso. Come sappiamo l'estrazione di calore di un particolare portato precedentemente alla temperatura di tempra avviene, in mezzo liquido, con velocità essenzialmente discontinua. Ovvero tale dissipazione di calore coinvolgerà un passaggio di stato preliminare dando luogo all'instaurarsi di una prima fase caratterizzata dall'insorgenza di fase aeriforme definita appunto fase vapore a cui seguirà una successiva ricondensazione definita fase di ebollizione per concludersi con la fase di convezione (fig. 7).

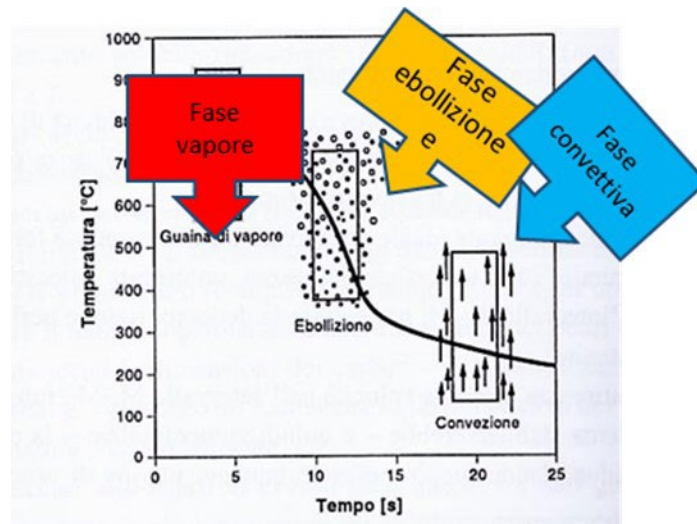


Fig.7 - Evidenza delle fasi di asportazione calore in fase liquida.

Per meglio comprendere, unicamente a titolo di esempio, sotto (fig.8) si possono vedere dei tracciati sovrapposti ricavati sperimentalmente su matrice base olio a differente grado di drasticità sottoposti a spegnimento. Risultano

evidenti i differenti campi di esistenza, nel diagramma temperatura/tempo, in particolare, della fase vapore, della fase di ebollizione per concludere con la fase convettiva nel range di temperature più basse

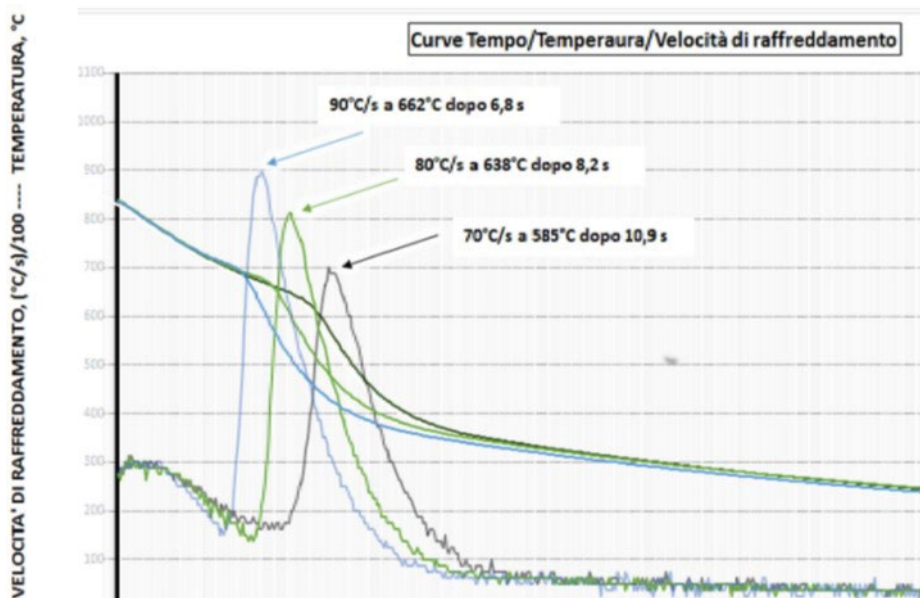


Fig.8 - Tracciati di asportazione calore di matrice a differenti gradi di additivazione.

I test per la validazione metallurgica e metrologica sono stati eseguiti su alberi ed ingranaggi, i cui rapporti rappresentavano il worst case dell'applicazione. Sono state condotte in due fasi, sia c/o un fornitore esterno che all'interno del plant produttivo (fig. 9). Dal punto di vista metallurgico, sono state valutate le ca-

ratteristiche a disegno, quali:

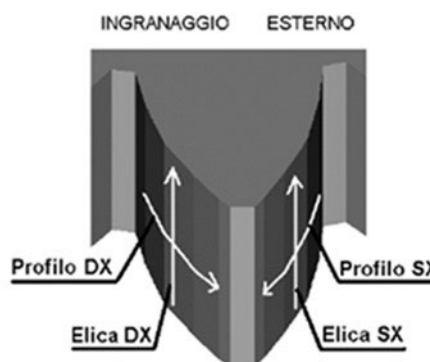
- Durezze superficiali ed a cuore
- Strutture metallografiche
- Misurazione del contenuto/percentuale di austenite residua
- Profilo della profondità efficace di indurimento

Componenti	Validazione			
	c/o Impianto fornitore esterno		Validazione impianto FPT Plant	
	Metallurgica	Metrologica	Metallurgica	Metrologica
Ingranaggi	X	X	X	X
Corone cilindriche	X	X	X	X
Alberi secondari	X	X	X	X
Alberi primari	X	X	X	X

Fig.9 - Test metallurgici effettuati.

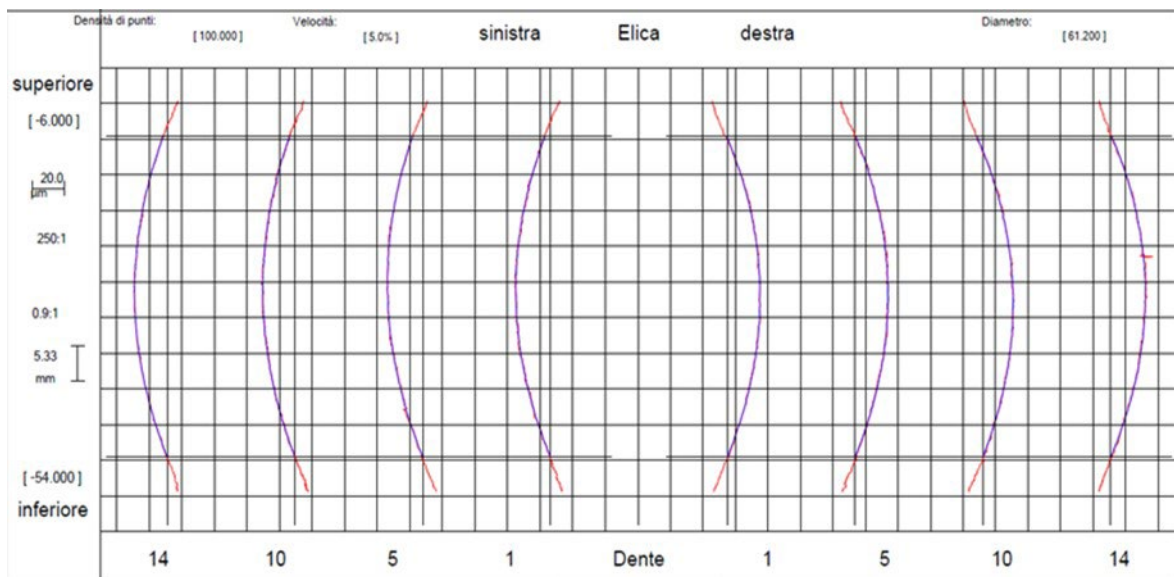
Le analisi metrologiche, determinanti per la validazione del prodotto, hanno riguardato diversi parametri e caratteristiche, valutate sec. norma DIN 3962, quali:

- Passo
- Run-out
- Quota sfere contrapposte
- Evolvente (trasversale)
- Elica (sezione longitudinale)



Sono state misurate le frecce/deformazioni a cui sono soggetti e molto sensibili, gli alberi primari secondari, a causa dell'elevato rapporto lunghezza/spessore; il ciclo produttivo ne prevede una raddrizzatura finale per poter rientrare nelle quote dimensionali prescritte. Tuttavia un'eccessiva drasticità del fluido, abbinato ad un profilo di

temprabilità posizionato verso la parte alta della Jominy, genera frecce eccessive, non recuperabili dalla macchina a ciclo, comportando scarti e costi poco sostenibili per produzioni di serie elevate (figg. 10-11-12).



Figg.10-11-12 - Analisi metrologiche.

CONCLUSIONI

L'omologazione del nuovo fluido ha pertanto associato ed ottimizzato caratteristiche tra di loro spesso viste come antagoniste, quali la drasticità e il contenimento dimensionale, garantendo il migliore equilibrio possibile tra cui:

- Ottimizzazione della trasformazione microstrutturale
- Ottima stabilità delle caratteristiche di drasticità
- Aspetto superficiale dei particolari
- Maggiore flessibilità e minori costi di gestione
- Aumento della velocità di massima asportazione del calore associato ad una incrementata uniformità