

Un nuovo mezzo temprante di origine vegetale

S. Bianchi, A. Parodi, L. Baglietto

In letteratura sono numerosi le prove di tempra utilizzando olio vegetale o animale, ma sono relativamente poche quelle che discutono dell'utilizzo di questi fluidi in campo industriale e pratico [1-3]. Questo lavoro si indirizza sulla tempra e sulle cementazione degli acciai utilizzando come mezzo temprante un olio vegetale.

L'obiettivo è verificare l'efficienza dell'olio vegetale come mezzo temprante e valutarne il suo impatto ambientale. L'attenzione sarà rivolta alle caratteristiche del processo industriale di trattamento termico e della vasca di tempra in modo da garantire una certa riproducibilità e uniformità al ciclo termico ottenendo un confronto il più veritiero possibile tra i due mezzi tempranti. Le emissioni in atmosfera sono un importante termine di paragone e verranno valutate all'interno di questo lavoro.

Le prove sono state condotte usando le stesse caratteristiche dell'acciaio e un processo di trattamento termico standardizzato, dove l'unica variabile era il mezzo temprante. Il trattamento termico è stato condotto in apparecchiature industriali. Sono state determinate le proprietà meccaniche quali la durezza e inoltre sono state effettuate analisi microstrutturali.

Parole chiave: Acciaio - Trasform. di fase - Trattamenti termici - Ambiente e sicurezza - Ecologia - Tecnologie

DISCUSSIONE

Proprietà chimico fisiche dell'olio vegetale.

L'uso dell'olio vegetale a livello industriale è stato sviluppato dalla A&A Fratelli Parodi S.p.A. L'azienda si pone come obiettivo la sostituzione dell'olio minerale con l'olio vegetale. I responsabili del reparto ricerca e sviluppo hanno trovato nell'olio di nocciola il prodotto più adatto per realizzare lo scopo prestabilito. Questo prodotto permette di ottenere caratteristiche meccaniche del particolare trattato simili ma con un minor impatto ambientale rispetto a un olio minerale. In tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche chimico fisiche dell'olio di nocciola.

Densità @ 20° C (Kg/L)	0,915
Viscosità @ 40° C (cSt)	38-42
Flash Point C.O.C. (° C)	300
Acidità (mg KOH/g)	<1

Tab. 1 - Caratteristiche dell'olio vegetale

Tab. 1 - Chemical-physical properties of vegetable oil

Viscosità

La viscosità a 40 °C dell'olio vegetale è compresa tra 38 e 42 cSt ed essendo il suo indice di viscosità molto elevato (circa 200) la variazione rispetto alla temperatura è abbastanza controllata.

La letteratura suggerisce che la viscosità è un parametro molto importante in quanto mostra la degradazione e l'os-

sidazione dell'olio vegetale. Infatti in prodotti vegetali non appropriati l'aumento di viscosità è praticamente incontrollabile. Si è inoltre osservato che in più di tre anni di utilizzo l'olio di nocciola ha subito un aumento di solo 10 cSt. Inoltre è da sottolineare come nei primi sei mesi vi sia un incremento lineare della viscosità che poi sembra stabilizzarsi, quasi ad un valore asintotico. In tabella 2 è riportato l'andamento della viscosità rispetto al tempo di utilizzo industriale dell'olio.

	Start	3 mesi	6 mesi	1 anno	2 anni	3 anni
Viscosità (cSt) @ 40° C	38	42	48	49	49	48

Tab. 2 - Viscosità dell'olio vegetale vs tempo di utilizzo

Tab. 2 - Viscosity of the vegetable oil vs time of use

Un aumento della viscosità del mezzo temprante comporta una minor drasticità nel raffreddamento. Sarà dimostrato di seguito che questo aumento di viscosità non influisce in maniera significativa sulle caratteristiche strutturali del pezzo, poiché l'incremento di viscosità è compensato da una presenza minima di fase vapore e la velocità di raffreddamento rimane in un range di valori sufficientemente elevato tale da favorire l'asportazione di calore.

Cooling Parameter @ 60° C	Start	3 mesi	1 anno	3 anni
CRmax (°C/s)	103	98	96	93
TCRmax (°C)	716	609	688	683
CR300 (°C/s)	5,9	5,9	5,9	6,2

Tab. 3 - Andamento della drasticità con l'invecchiamento

Tab. 3 - Cooling parameters vs time of use

S. Bianchi, A. Parodi, L. Baglietto

A&A F.lli Parodi S.p.A, Campomorone (GE)

Additivazione

L'olio vegetale impiega solamente un pacchetto di additivi necessari a proteggerlo dall'ossidazione e garantirne il mantenimento delle sue proprietà nel tempo.

Non sono utilizzati additivi per modificare la reologia, la velocità di raffreddamento o la bagnabilità, poiché l'olio base ha eccellenti proprietà come mostrato in precedenza da Prabhu [4], Fernandes [5] e Canale [6]. Per quanto riguarda la manutenzione non è necessario rabboccare la vasca con additivi, spesso pericolosi e molto costosi. In questo studio industriale non si è inoltre notata la formazione di morchie con l'utilizzo dell'olio vegetale.

Infiammabilità

L'infiammabilità, come espresso dall'analisi del flash point a vaso aperto, è all'incirca 100°C maggiore di quello di un olio minerale e si attesta intorno ai 300 °C. Come mostrato in tabella 4 dopo 3 anni d'uso il flash point dell'olio decresce di circa 20-25°C.

	Start	3 mesi	6 mesi	1 anno	2 anni	3 anni
Flash Point (°C)	296	292	286	284	286	280

Tab. 4 - Comportamento del Flash Point con l'invecchiamento

Tab. 4 - Behavior of the Flash Point of the vegetable oil vs time of use

Il flash point è mantenuto a valori elevati poiché si procede costantemente alla rimozione delle sostanze volatili derivanti dalla decomposizione e ossidazione dell'olio ad alte temperature. La "pulizia" dell'olio avviene tramite l'utilizzo di un impianto brevettato in cui le sostanze volatili vengono rimosse grazie all'ausilio del vuoto e della temperatura.

Resistenza all'ossidazione

Due oli con differente distribuzione di acidi grassi sono stati studiati in un test di ossidazione. Lo scopo dell'indagine è stato di verificare come la diversa distribuzione di acidi grassi influisce sulla stabilità dell'olio durante lo shock termico che avviene in tempra. Gli oli, ugualmente additivati, sono stati posizionati in un bagno termostato a 120 °C sotto un flusso d'aria di 1 l/h per 168 ore. Al termine della prova sono state confrontate le acidità e le viscosità dei due oli prima e dopo il test. Come si può vedere in tabella 5 l'olio di palma, con una percentuale maggiore di acidi grassi con doppia insaturazione, ha un maggior incremento delle due caratteristiche analizzate.

Emissioni di fumo, sostanze nocive e pericolosità d'incendio

Questa comparazione è importante rispetto alla formazione di sostanze volatili che possono essere rilasciate in atmosfera causando seri problemi all'ambiente ma soprattutto per la salute degli operatori. Riguardo a queste sostanze molti enti internazionali come la United Nations Environment Programme, l'International Labour Organisation e il World Health Organization hanno supportato il report

Tempo di ossidazione [ore]	Proprietà	Olio di Nocciola Additivato	Olio di Palma Additivato
0	Acidità [mgKOH/g]	0,44	0,38
	Viscosità at 40°C [cSt]	40,70	42,10
168	Acidità [mgKOH/g]	4,23	5,20
	Viscosità at 40°C [cSt]	35,61	80,10

Tab. 5 - Risultati del test di ossidazione per l'olio di palma e l'olio di nocciola

Tab. 5 - Results of the oxidation test for palm oil and huzelnut oil

della IPCS INCHEM (International Program for Chemical Safety) che dice:

"Carcinogenic polynuclear aromatic compounds are produced when mineral-based oil products are subjected to high temperature"....."The quantity of benzo-(α)-pyrene in lubricating oils significantly increases when they are subjected to heat during use, as happens in the car, oil in quenching and other processes "Cutting and hardening oils, new and used, were tested on the skin of mice, Guinea pigs and Guinea-India". "All the tests were negative; on mice skin tumors were more numerous and more malignant employing oils compared to test with new oils; only oils produced tumors in organs distant from the place of application. "....."In a quenching oil was found a benzo-(α)-pyrene of 0.6 -0.8 mg/kg (ppm); the oil used this fraction was increased to 20 mg/kg, in perfect accord with its increase of carcinogenicity. The increase in carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons to thermal cracking is caused by the temperature of the process (Desoille et al., 1973). Studies of Thony and others (1975) indicate that the increase in the content of aromatic hydrocarbons in oils by cutting is very small and considerably less than the motor and quenching. The content of benzo-(α)-pyrene to new cutting oil runs from 0 to 150 mg/kg while a used range from 0 to 250 mg/kg."

Queste conclusioni indicano che l'olio minerale mostra una degradazione elevata e un aumento di tossicità fin dal primo impiego. La tossicità è rappresentata, in gran parte, dalla sostanziale presenza di IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) che appartengono alle categorie 1 e 2 nella classificazione della IARC (International Agency for Research on Cancer), indicati come agenti mutageni e cancerogeni.

Comparazione degli impianti di trattamento

Al fine di verificare l'impatto ambientale e l'ecologia dell'intero processo di tempra sono state eseguite diverse analisi di inquinanti su differenti vasche di tempra e sugli scarichi dei post combustori. Le sostanze analizzate sono state: sostanze organiche volatili (SOV), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), monossido di carbonio e, dove

possibile, le polveri. Gli inquinanti più pericolosi, come già accennato in precedenza, sono gli IPA, una famiglia di idrocarburi aromatici ad alto peso molecolare. All'interno di questa classe di prodotti la maggior parte è classificata come cancerogena e mutagena. Sono state eseguite analisi di emissioni sia su una vasca di tempra che al post combustore per verificare l'impatto ambientale dei due oli. La tabella 6 riporta i valori riscontrati.

INQUINANTE [mg/Nm ³]	OLIO MINERALE	OLIO VEGETALE
IPA	0,06	0,00019
SOV	242	0,7
CO	3800	4
POLVERI	77	3,6

Tab. 6 – Valori di emissioni al post combustore per i due tipi di olio

Tab. 6 - Values of emissions after post combustion chamber for the different oil

In tabella 7 sono riportati i valori degli inquinanti gassosi sulla vasca di tempra. Dai seguenti valori si può dedurre come non sia necessario un post combustore per ridurre gli inquinanti nel caso di utilizzo di olio vegetale. Per eliminare eventuali odori di olio fritto si può piazzare un filtro a carboni attivi o un biofiltro. Andando a spegnere il post combustore, oltre a risparmiare il costo del metano del bruciatore, si ha un ulteriore vantaggio ambientale dovuto al risparmio di CO₂ calcolabile 1,5 tonnellate al giorno nel caso di post combustori con elevati flussi di gas.

INQUINANTE [mg/Nm ³]	OLIO MINERALE	OLIO VEGETALE
IPA [mg/Nm ³]	0,11	0,00005
SOV [mg/Nm ³]	2859	0,2

Tab. 7 – Inquinanti sulla vasca di trattamento termico

Tab. 7 - Pollutants on the quenching tank

La formazione di sostanze quali IPA e SOV è facilitata all'interno di un olio minerale dalla reattività dei prodotti di degradazione dello stesso rispetto a quelli derivanti da un olio vegetale. Inoltre l'utilizzo dell'impiantino di rigenerazione che elimina i composti volatili impedisce la formazione di questi inquinanti. Questa tesi è supportata dalle analisi effettuate direttamente sugli oli utilizzati nei trattamenti termici. Gli IPA che hanno un elevato peso molecolare si possono accumulare nel liquido e la concentrazione all'interno di un olio minerale usato da 3 anni raggiunge gli 882 ppm contro i 55 ppm di un olio vegetale usato da 13 anni. L'impiego di un olio vegetale permette un impatto ambientale inferiore in quanto, data la natura del prodotto, anche

bruciando non si hanno emissioni di anidride carbonica in atmosfera. Recenti studi di Carbon Footprint di Del Borghi, Parodi, Strazza [7] mostrano infatti che rimpiazzando un chilo di olio vegetale con un chilo di olio minerale si ha il risparmio di circa 10 Kg CO₂eq. Sotto il punto di vista legislativo, sia italiano che europeo, il prodotto vegetale è escluso dal REACH e rispetta i limiti di emissione in atmosfera della legge italiana 152/06.

PROVE SPERIMENTALI

La fase sperimentale è stata condotta in due impianti a ciclo continuo, costruiti dallo stesso fornitore, e installati presso due aziende italiane: la TTN SpA e la Carbo srl. Gli impianti permettono di trattare una grande quantità di pezzi ed è presente un elevato grado di automazione che limita le operazioni manuali dell'operatore. Gli impianti sono stati ideati per consentire la realizzazione dei trattamenti termici più usuali quali le ricotture isotermitiche, sia normali sia globulari, e le bonifiche.

Descrizione dell'impianto e analisi della vasca di tempra

La vasca dell'olio, che è oggetto della nostra trattazione, differisce nei due impianti per il quantitativo di olio che vi è presente. Nella vasca della CARBO srl sono presenti 20000 litri di olio vegetale BioTemproil, collegato all'impianto di distillazione; nella vasca della TTN S.p.A sono presenti 40000 litri di olio minerale veloce. Per realizzare un confronto esclusivamente focalizzato sull'olio è stata effettuata una mappatura delle due vasche per stabilire l'agitazione del mezzo di spegnimento, mediante un anemometro per liquidi.

La velocità con cui ruota la ventola posta all'estremità dello strumento, immerso nel fluido temprante, viene letta da uno strumento che ne riporta i valori in m/s.

L'esperienza indica che per avere un'agitazione accettabile per l'olio, la velocità registrata dallo strumento deve essere di circa 0,25-0,40 m/s. La possibilità in entrambi gli impianti di aumentare il numero di giri delle ventole di movimentazione del fluido, attraverso degli inverter, ha permesso di regolare il flusso per avere valori accettabili e omogeneità di agitazione.

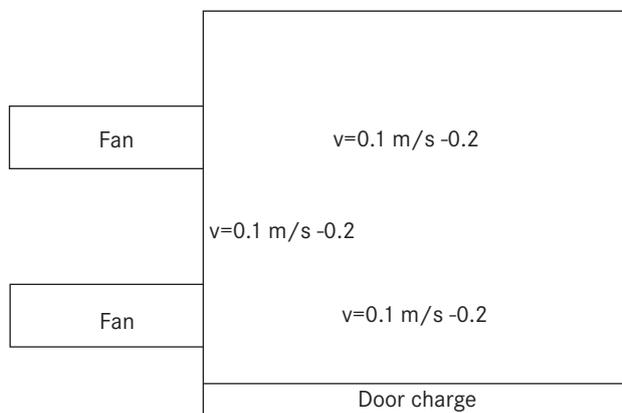


Fig. 1 – Velocità d'agitazione olio vegetale

Fig. 1 - Tank agitation of vegetable oil

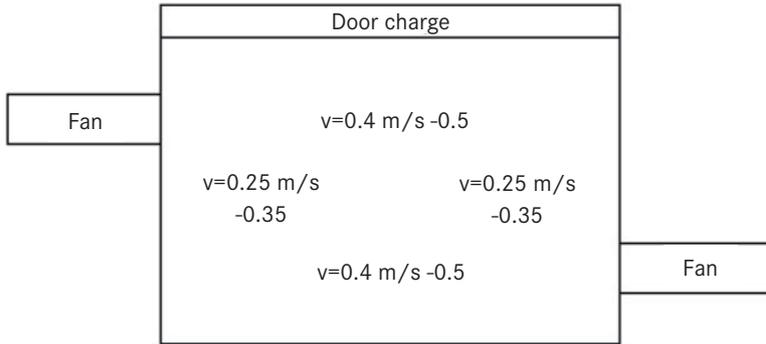


Fig. 2 - Velocità d'agitazione olio minerale
 Fig. 2 - Tank agitation of mineral oil

Analisi di tempra

Quanto esposto fino a ora dimostra che un prodotto a base vegetale possiede dei vantaggi considerevoli dal punto di vista sia ecologico sia sanitario, però non è sufficiente per garantire l'efficacia produttiva, in quanto non si conoscono i risultati tecnici (in termini di reali trasformazioni) raggiungibili con questo prodotto. A livello teorico l'osservazione delle curve di drasticità invita a ritenere l'olio vegetale più performante di un olio minerale medio-veloce.

Density at 20° C (Kg/L)	0,863
Viscosity at 40° C (cSt)	25
Flammability C.O.C. (° C)	210

Tab. 7 - Proprietà chimico-fisiche dell'olio minerale medio veloce

Tab. 7 - Physico-chemical properties of medium-fast mineral oil

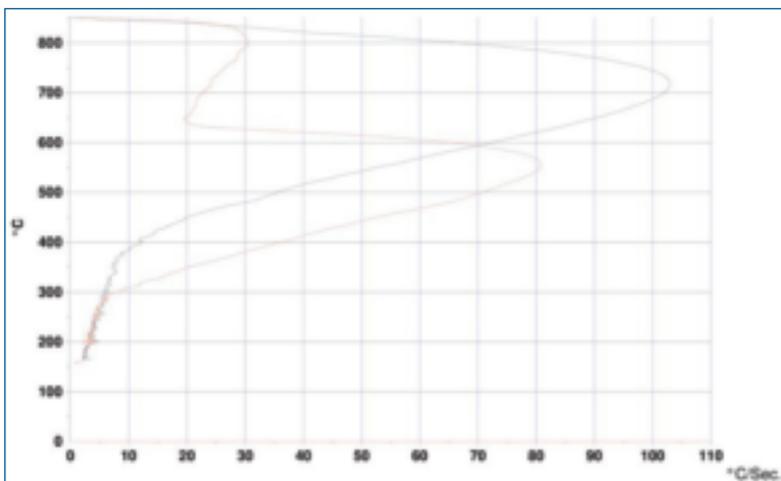


Fig. 3 - Confronto delle curve a 40°C: olio vegetale (nero) e olio minerale (rosso)

Fig. 3 - Comparison of cooling curve at 40°C: Vegetable oil (black) and mineral oil (red)

Il tempo di austenizzazione per alcuni particolari risulta, forse, eccessivamente lungo, però occorre considerare che l'impianto lavora in continuo e non tutte le ceste sono caricate con i medesimi particolari, quindi, per ottimizzare la produzione, è necessario trovare un compromesso che soddisfi la completa austenizzazione anche dei particolari di dimensioni maggiori.

42CrMo4 / AISI 4140 steel grade

La scelta è ricaduta sull'AISI 4140 perché è l'acciaio più comunemente usato nei trattamenti di bonifica.

Per le prove sperimentali sul campione 1 riportato in figura 4 è stato eseguito un normale ciclo termico industriale riportato in tabella 8.



Fig. 4 - Campione 1 usato per le prove sperimentali: altezza 380 mm, diametro 250 mm

Fig. 4 - Sample 1 used for trial: height 380 mm, diameter 250 mm

Austenitizing Furnaces		Eventual Tempering	
Temperature (°C)	Time (min)	Temperature (°C)	Time (min)
860	150	560	200

Tab. 8 - Ciclo termico utilizzato

Tab. 8 - Thermal cycle of the test

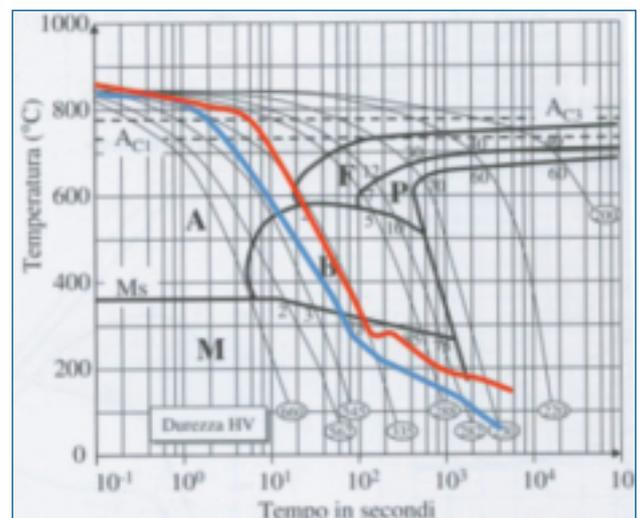


Fig. 5 - Confronto sulle curve CCT [8] su AISI 4140. Rosso: olio minerale; Blu:olio vegetale

Fig. 5 - Comparison between CCT [8] on AISI 4140. Red: mineral oil; Blu: vegetable oil

Innanzitutto si è effettuata una valutazione della drasticità attraverso la curva CCT dell'acciaio e le curve dirette dei mezzi di spegnimento per avere un'idea dei possibili risultati a livello industriale. In figura 5 sono riportate le curve CCT.

Come si evidenzia dalla figura 5, i risultati dovrebbero premiare l'olio vegetale, che favorisce l'ottenimento di durezza superiori e quindi di una struttura maggiormente martensitica. Le durezza sono state provate a piena tempra, sulla parte superficiale del particolare in vari punti; è stata poi calcolata una media, i cui valori sono riportati in tabella 9. Come si evince dai risultati il pezzo temprato

	Olio minerale	Olio Vegetale
Durezza (HB)	360	380

Tab. 9 - Valori della durezza media del campione 1

Tab. 9 - Values of average hardness on the sample 1

in olio vegetale ha una durezza di 20 HB in più rispetto a quello trattato nell'olio minerale. Questo s'identifica in una struttura martensitica più omogenea e trasformata, com'è possibile vedere nelle micrografie riportate in figura 6 e 7. Il provino è stato prelevato nel punto e alla profondità richiesta dalle specifiche del fornitore: sul gambo a 2 cm sotto la superficie.

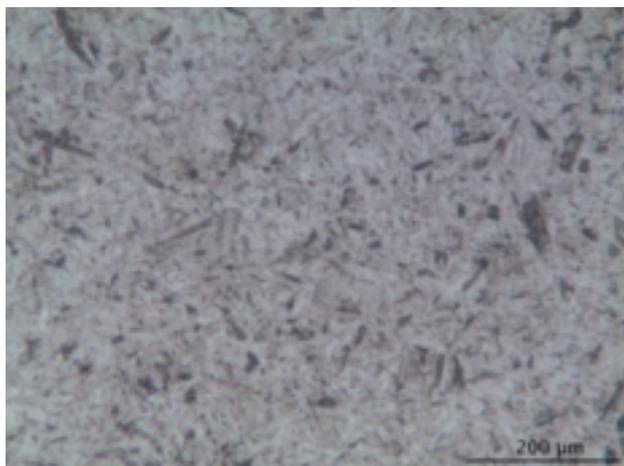


Fig. 6 - Micrografia di acciaio 42CrMo4 temprato con olio minerale. Struttura martensitica con una presenza rimarchevole di bainite.(200X). 2% Nital etching

Fig. 6 - Micrograph of AISI 4140 quenched in mineral oil. Martensitic structure with a lot of bainite (200X). 2% Nital etching

Dopo questa prova industriale sono stati eseguiti altri test sperimentali per identificare il reale potere indurente del mezzo di spegnimento. Sono state prese due barre di 42CrMo4 con diametro differente: quella maggiore con diametro 110 mm, quella minore con diametro 40 mm con lo stesso acciaio e i risultati sono espressi in tabella 10. Sono stati realizzati 6 campioni che hanno subito il medesimo ciclo termico e un raffreddamento in tre mezzi diffe-

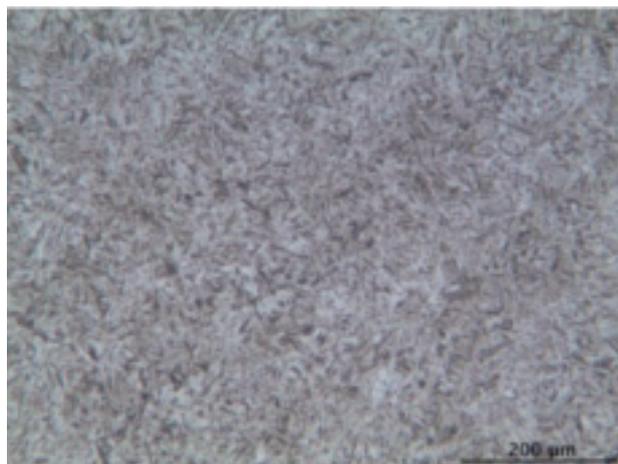


Fig. 7 - Micrografia di acciaio 42CrMo4 temprato con olio vegetale. Microstruttura martensitica.(200 x). 2% Nital etching

Fig. 7 - Micrograph of AISI 4140 quenched in vegetable oil. Martensitic structure (200X). 2% Nital etching

C %	Mn %	Si %	Cr %	Mo %
0,42	0,63	0,26	0,98	0,24

Tab. 10 - Composizione chimica dell'acciaio

Tab. 10 - Chemical composition of steel

renti: acqua e polimero (PVP a bassa concentrazione - 8%), olio vegetale, olio minerale veloce. I risultati emersi sono stati confrontati con la Jominy dell'acciaio in questione, mostrati in figura 8, come scritto nel metodo standard UNI 10083-1e SAE J406c.

È stata analizzata la durezza in tre punti della sezione: superficie, raggio medio e cuore. Questi valori sono stati comparati con le durezza misurate nel Jominy test e nei grafici seguenti sono riportati le distanze dall'estremità temprata in funzione del diametro in relazione alla durezza e alla distanza trovata nella curva Jominy.

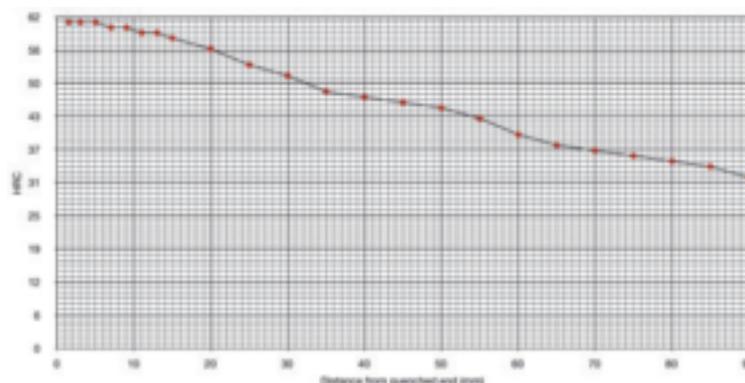


Fig. 8 - Curva Jominy dell'acciaio analizzato

Fig. 8 - Jominy of analyzed steel

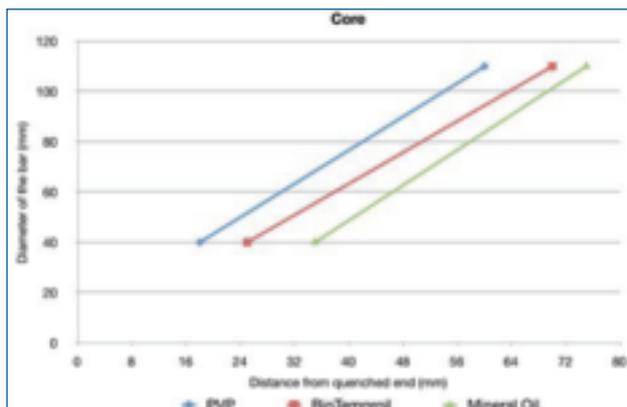


Fig. 9 - Analisi della durezza a cuore. Relazione tra diametro del barrotto temprato e curva Jominy

Fig. 9 - Analysis of core hardness. Relationship with diameter of the quenched bar and Jominy curve

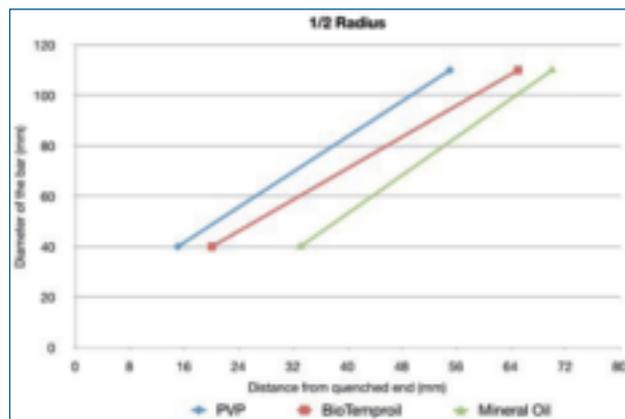


Fig. 10 - Analisi della durezza a metà raggio. Relazione tra diametro del barrotto temprato e curva Jominy

Fig. 10 - Middle radius hardness analysis. Relationship with diameter of the quenched bar and Jominy curve

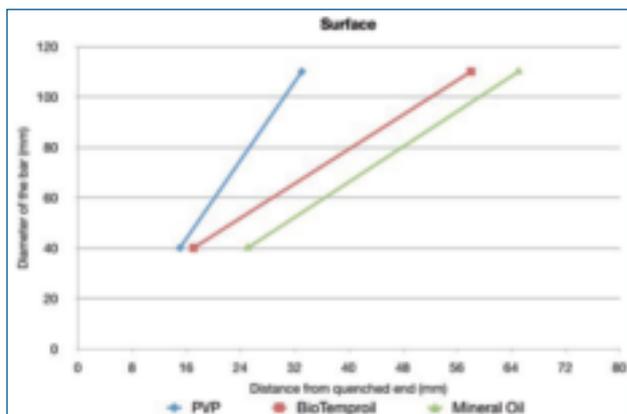


Fig. 11 - Analisi della durezza superficiale. Relazione tra diametro del barrotto temprato e curva Jominy

Fig. 11 - Surface hardness analysis. Relationship with diameter of the quenched bar and Jominy curve

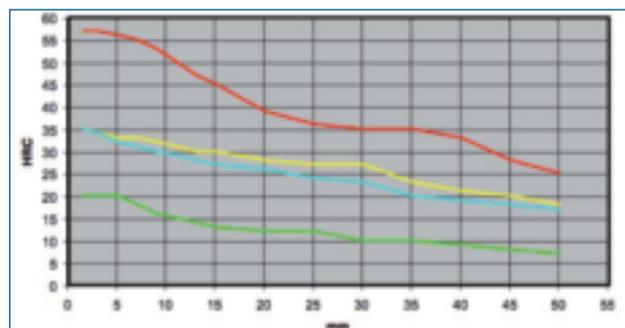


Fig. 12 - Jominy 41Cr4. Rossa: acqua a 40°C; gialla: olio vegetale a 60°C; blu: olio minerale veloce a 60°C; verde: olio da martempering a 120°C

Fig. 12 - Jominy of AISI 5140. Red: water @ 40°C; yellow: vegetable oil @ 60°C; blue: fast mineral oil @ 60°C; green: martempering oil @ 120°C

Come si evince dai grafici, l'olio vegetale presenta un comportamento intermedio tra l'olio minerale e il PVP 8%. Per piccoli diametri la penetrazione di tempra è abbastanza elevata, presentando dei valori di durezza prossimi al PVP, soprattutto superficialmente. Per i diametri maggiori l'olio vegetale approssima le durezza dell'olio minerale (in realtà si tratta di 10 mm di differenza sulla Jominy), limitando gli inconvenienti di tempra di pezzi di grosse dimensioni con cambi di sezione importanti.

La soluzione di acqua e polimero, grazie alla sua elevata drasticità, consente di ottenere una trasformazione martensitica anche in particolari di dimensioni rilevanti (110 mm) con durezza indicative di 50 HRC; accade, però, che già a metà raggio le durezza ottenute si abbassino notevolmente, con una differenza di circa 42 HRC, scemando verso il cuore a valori ancora inferiori. Questo raffreddamento differenziale fa sì che si crei all'interno del pezzo uno stato tensionale tale da favorire l'avanzamento di cricche pre-esistenti o il formar-

sene di nuove generando la rottura del particolare stesso. Questo accade soprattutto in acciai con un valore di elementi leganti abbastanza significativo, come può essere il 42CrMo4, che presenta una temprabilità elevata. L'olio vegetale non presenta questo inconveniente, perché pur garantendo dei valori di durezza maggiori di quelli dell'olio minerale, presenta un metodo di asportazione del calore molto più omogeneo e continuo tra la superficie e il cuore. Questo si riflette sullo stato tensionale del pezzo dopo tempra che non favorisce rotture o cricche. Il miglior comportamento di tempra dell'olio vegetale rispetto all'olio minerale è evidenziato anche dai risultati di seguito riportati.

Un altro dato interessante è riportato nella figura 12 in cui è stata realizzata la prova Jominy di un acciaio 41Cr4 con diversi mezzi di spegnimento; i valori riportati dimostrano che l'olio vegetale permette di ottenere durezza superiori rispetto a un olio minerale veloce e a oli da martempering utilizzati a caldo.

C40 / AISI 1040 steel grade

Questo probabilmente è il caso più interessante, in quanto per il tipo di acciaio in questione è necessaria la tempra in acqua o soluzioni polimeriche per garantire l'ottenimento di strutture superficiali dure (martensite e bainite). Inoltre la banda di temprabilità Jominy decade molto velocemente, indicando difficoltà marcate di tempra anche in acqua oltre certe profondità e, quindi, certi spessori.



Fig.13 - Campioni 2 diametro 50 mm, spessore 25 mm
 Fig. 13 - Sample 2 diameter 50 mm, thickness 25 mm

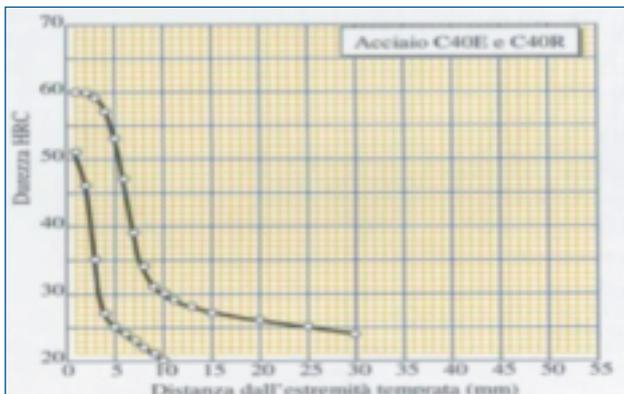


Fig.14 - Curva Jominy per l'acciaio C40 [8]
 Fig. 14 - Jominy Curve of AISI 1040 [8]

	Olio minerale	Olio Vegetale
Durezza (HB)	229	255

Tab. 11 - Durezza media dei campioni 2
 Tab. 11 - Average hardness of samples 2

Con l'olio vegetale sono state ottenute interessanti microstrutture, molto significative quando comparate con la velocità di raffreddamento tra olio vegetale e olio minerale. In questo caso per evidenziare le differenze di comportamento i campioni su cui sono state eseguite le analisi sono stati prelevati a una profondità di 2-3 mm dalla superficie. Le differenti strutture comportano durezza e proprietà meccaniche superiori a quei pezzi trattati con l'olio minerale e una trasformazione simile a quella ottenuta con la soluzione polimerica. L'olio vegetale rende possibile definire gli elementi induriti, mentre quelli trattati con olio minerale mostrano una struttura o normalizzata o ricotta come si evince dalla in Figura 15.

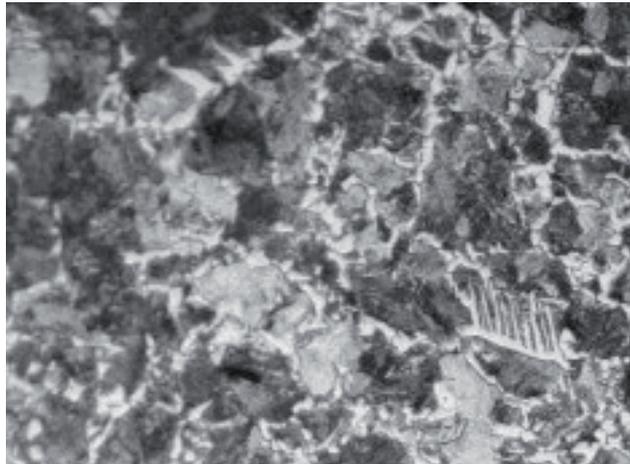


Fig. 15 - Micrografia Campione 2 indurimento con olio minerale. Struttura Ferritica Perlitica (500X). 2% Nital etching

Fig. 15 - Micrograph sample 2 quenched in mineral oil. Ferritic and perlitic microstructure (500X). 2% Nital etching

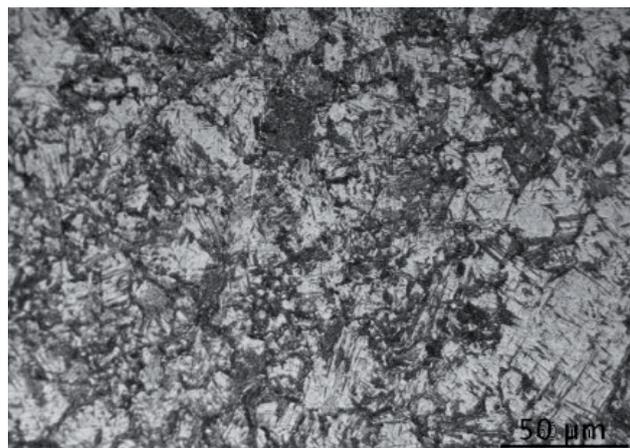


Fig. 16 - Micrografia Campione 2 Indurimento con Olio Vegetale. Struttura Bainitica con presenza di perlite e ferrite.(300X) 2% Nital etching

Fig. 16 - Micrograph sample 2 quenched in vegetable oil. Bainitic structure with ferrite and perlite (500X). 2% Nital etching

CONCLUSIONI

È stato sviluppato un olio vegetale come valida alternativa all'olio minerale come mezzo temprante. Questo olio ha il grande vantaggio di soddisfare a pieno tutti i requisiti delle legislazioni europee ed extra europee sulla salute dei lavoratori e la salvaguardia dell'ambiente. Non contiene sostanze pericolose, è senza IPA e rilascia in atmosfera meno inquinanti rispetto a un olio minerale. Inoltre l'olio vegetale da tempra non forma morchie o residui carboniosi che potrebbero intasare gli scambiatori di calore o creare problemi sul pezzo finito.

L'olio vegetale descritto ha una vita virtualmente infinita che comporta un risparmio economico nel rimpiazzo del mezzo temprante e che non richiede l'impiego di additivi acceleranti. Per garantire una maggior stabilità del prodotto è impiegato anche un dispositivo di distillazione per eliminare i prodotti volatili dall'olio usato.

Le prove sperimentali hanno mostrato come l'olio vegetale permetta di ottenere microstrutture omogenee, questo dato è avvalorato anche dalla durezza del pezzo finito che è 50-70 HB maggiore rispetto a un olio minerale.

Il confronto sul 42CrMo4, che è anche l'acciaio più utilizzato in Europa, e il test Jominy sul 41Cr4 mostra un eccellente comportamento dell'olio vegetale che si pone tra il comportamento di una soluzione acquosa polimerica a bassa concentrazione e un olio minerale rapido. L'olio vegetale utilizzato come mezzo temprante permette di ottenere risultati di durezza simili a quelli di una soluzione polimerica per pezzi di piccole dimensioni, ma riducendo al minimo le possibilità di cricche o rotture poiché nell'intervallo di temperatura critico, in cui avviene la trasformazione martensitica, decresce la velocità di raffreddamento. In questo modo è garantita la massima omogeneità di trasformazione tra la superficie e il cuore del pezzo.

Per particolari di grosse dimensioni con l'olio vegetale si ottengono dei vantaggi microstrutturali e un lieve aumento delle durezza medie sia superficiali sia a cuore, grazie soprattutto alla fase iniziale della curva di raffreddamento che presenta una fase di calefazione molto limitata, che assicura una maggiore uniformità di raffreddamento su tutta la superficie e una maggior asportazione di calore ad alta temperatura.

SVILUPPI FUTURI

I risultati di questo lavoro suggeriscono che l'olio vegetale può essere una valida alternativa come mezzo temprante all'olio minerale anche per processi in sistemi chiusi tipici del trattamento di cementazione. La fase sperimentale di questo lavoro è in progresso e i risultati saranno riportati a fine lavoro. Inizialmente però si è già notata una diminuzione della distorsione rispetto a un olio minerale e anche i problemi in fase di lavaggio sono stati risolti.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano la Car.Bo s.r.l. e la TTN S.p.A. e i loro tecnici per la collaborazione durante le prove e le analisi che hanno portato i risultati riportati in precedenza.

Si desidera ringraziare in particolare modo la Prof.ssa Barbara Rivolta per i suoi suggerimenti e per la revisione di questo articolo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rosa L. Simencio Otero, Lauralice C.F. Canale, George E. Totten, "Use of Vegetable Oils and Animal Oils as Steel Quenchants : A Historical Review - 1850-2010", Journal of ASTM International, 2011, Vol. 9, No.1 , Paper ID JAI 103534
- [2] M. Tagaya and I. Tamura, " Studies on the Quenching Media 3rd Report. The Cooling Ability of Oils," Technology Report, Osaka University, Vol 4, 1954, p 305-319.
- [3] Ester Carvalho de Souza, Mauro R. Fernandes, Sylvana C.M. Augustinho, Lauralice de Campos Franceschini Canale, George E. Totten, "Comparison of Structure and Quenching Performance of Vegetable Oils", J. ASTM International, 2009, Vol. 6, No. 9, Paper Number JAI 102188
- [4] K.N. Prabhu and P. Fernandes, "Determination of Wetting Behavior, Spread Activation Energy, and Quench Severity of Bioquenchants", Metallurgical and Materials Transactions B, 2007, Vol. 38, No. 4, August, p. 631-640.
- [5] P. Fernandes and K.N. Prabhu, "Comparative Study of Heat Transfer and Wetting Behaviour of Conventional and Bioquenchants for Industrial Heat Treatment", International Journal of Heat and Mass Transfer, 2008, v 51, n 3-4, p. p 526-538.
- [6] Lauralice C.F. Franceschini Canale, Adriana Marques, Ayrton Antonio Batista Junior, George E. Totten, "Comparison of the Interfacial Heat Transfer Mechanisms and Rewetting Properties of Vegetable Oil and Petroleum Oil - Based Quenchants and Potential Impact on Quench Distortion", IFHTSE 19th Congress, 17-20 October 2011, The Grand Central Hotel, Glasgow, Scotland.
- [7] Adriana Del Borghi, Lara Parodi, Carlo Strazza, "Carbon Footprint - Prodotti a base di oli vegetali", Ce.Si.S.P, 2012.
- [8] Cesare Cibaldi, "I criteri di scelta e di trattamento degli acciai da costruzione e da utensili - Volume Primo", AQM.

A NEW QUENCHING VEGETABLE OIL

Keywords: Heat treatments

The aim of this experience is to investigate the behavior of particules quenched with vegetable oil during production processes in relationship with mineral oil.

The trial concerns quenched and tempered steels like AISI 4140 and AISI 1040.

The analysis is about hardening penetration to understand if vegetable oil gives better microstructures and mechanical properties than mineral oil. The comparison was done with a medium-fast mineral oil and vegetable oil patented by A&A F.lli Parodi s.p.a.

It was also explored the lifespan of quenching medium in a real application process like quenching. The degradation of quenching medium was analyzed through chemicophysical properties like viscosity and flash point, after the encouraging oxidation laboratory tests with different kind of vegetable oils.

All results was compared with environmental advantages of vegetable oil in relationship with mineral one.