

- *Deformazione e variazione di forma permanente*
- *Cause e tecniche per la gestione del processo*

TEMPRA IN STAMPO

Caratteristiche e gestione del processo

Andrea Zanotti

Gruppo Proterm - Trattamenti Termici - Calderara di Reno BO

FAV Seminario "Conoscere le Imprese"

Proterm 12 aprile 2011

INDICE

1. Introduzione e scopo della tempra in stampo
2. Descrizione del processo
3. Caratteristiche del raffreddamento
4. Caratteristiche delle attrezzature
5. Controllo delle capacità del processo e risultati ottenibili
6. Prassi operativa del rapporto committente fornitore del T.T.
7. Conclusioni



1. Introduzione e scopo della tempra in stampo



Una premessa relativa alle cinque Aziende che compongono il Gruppo PROTERM specializzato in tutti i settori del trattamento termico e termochimico per lavorazioni conto terzi. Tra queste aziende Proterm e Sitfa eseguono da circa 20 anni la prima e da 10 anni la seconda la Tempra in Stampo che ricopre una parte significativa del fatturato. Riportiamo in questo lavoro alcuni aspetti significativi delle esperienze acquisite.

La fase di tempra nell'operazione di TT praticata sugli organi meccanici genera delle deformazioni che si presentano non in forma sistematica e sempre prevedibile ma spesso in modi diversi e dispersivi. Tali fenomeni, molto dannosi per il montaggio e il funzionamento degli organi meccanici stessi, sono originati da un insieme di concause che comprendono il tipo di acciaio utilizzati, la trasformazione a caldo o freddo (stampaggio) a cui vengono sottoposti, i trattamenti termici preliminari, i cicli di lavorazione utilizzati e le forme geometriche (variazioni di sezione) possibili. Tali deformazioni possono essere definite come ovalizzazioni di fori, sbandamenti di piani e ortogonalità tra gli stessi, allargamenti o restringimenti ecc..

Le distorsioni o deformazioni rappresentano sicuramente il problema più grave che può manifestarsi a seguito di un trattamento termico. Con il termine distorsione si intende, generalmente, una deformazione permanente per un particolare meccanico. Le cause che possono generare deformazioni si possono così riassumere:

- tensioni interne residue causate da lavorazioni a freddo che tendono ad incrudire il materiale;
- disposizione delle fibre in fase di stampaggio o parametri dello stesso;
- variazioni di dimensioni dovute alle variazioni di temperatura (dilatazioni e contrazioni) ed a causa della variazione di struttura;
- variazioni di forma durante il riscaldamento e il raffreddamento.

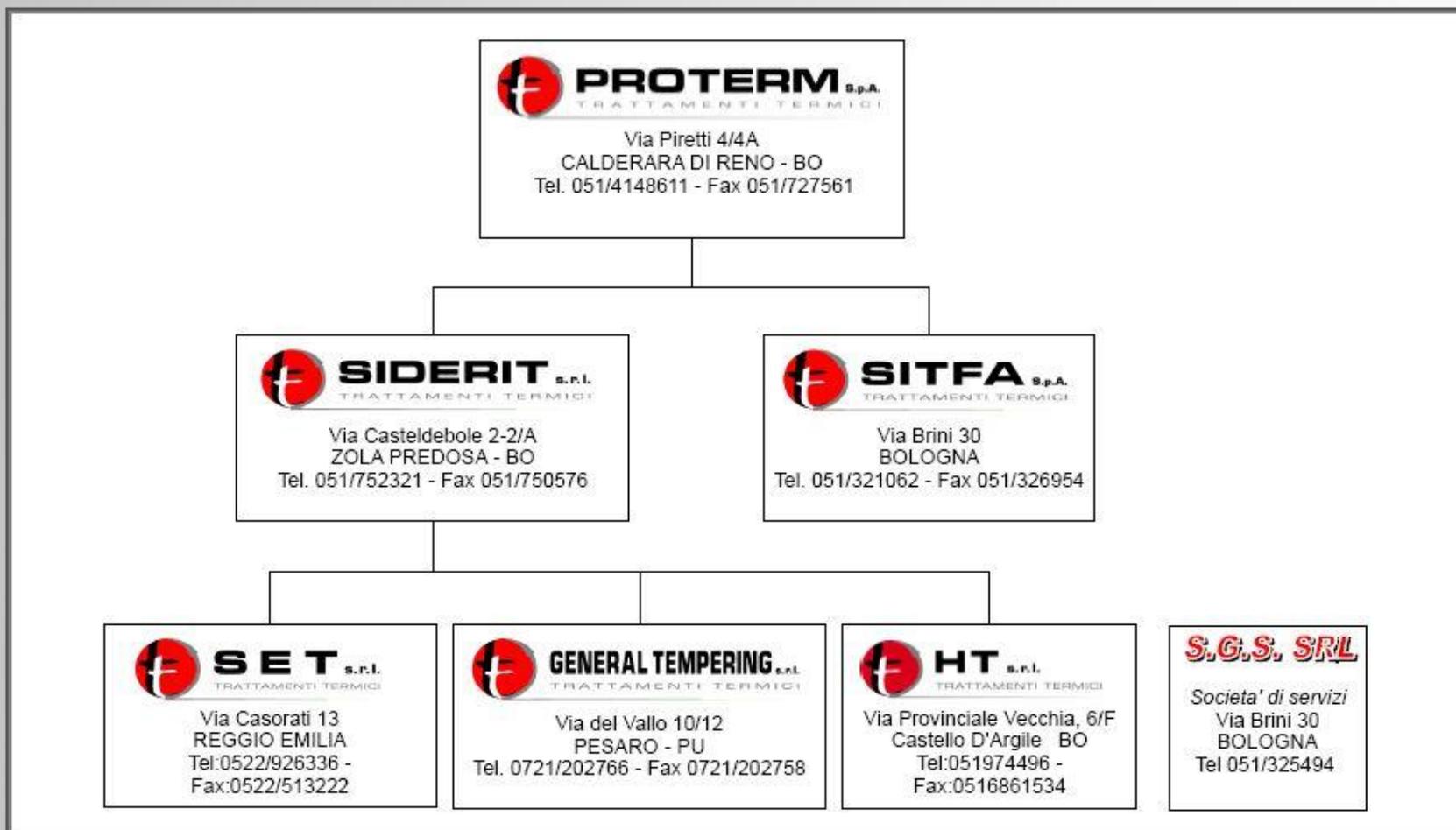
La variazione della velocità di raffreddamento è la causa principale delle distorsioni ed è pertanto l'aspetto sul quale si vuole intervenire con la tempra in pressa senza comunque dimenticare che anche gli altri aspetti, sopra descritti, vanno considerati per limitarne comunque gli effetti negativi che anche con la tempra in pressa non si possono eliminare completamente.

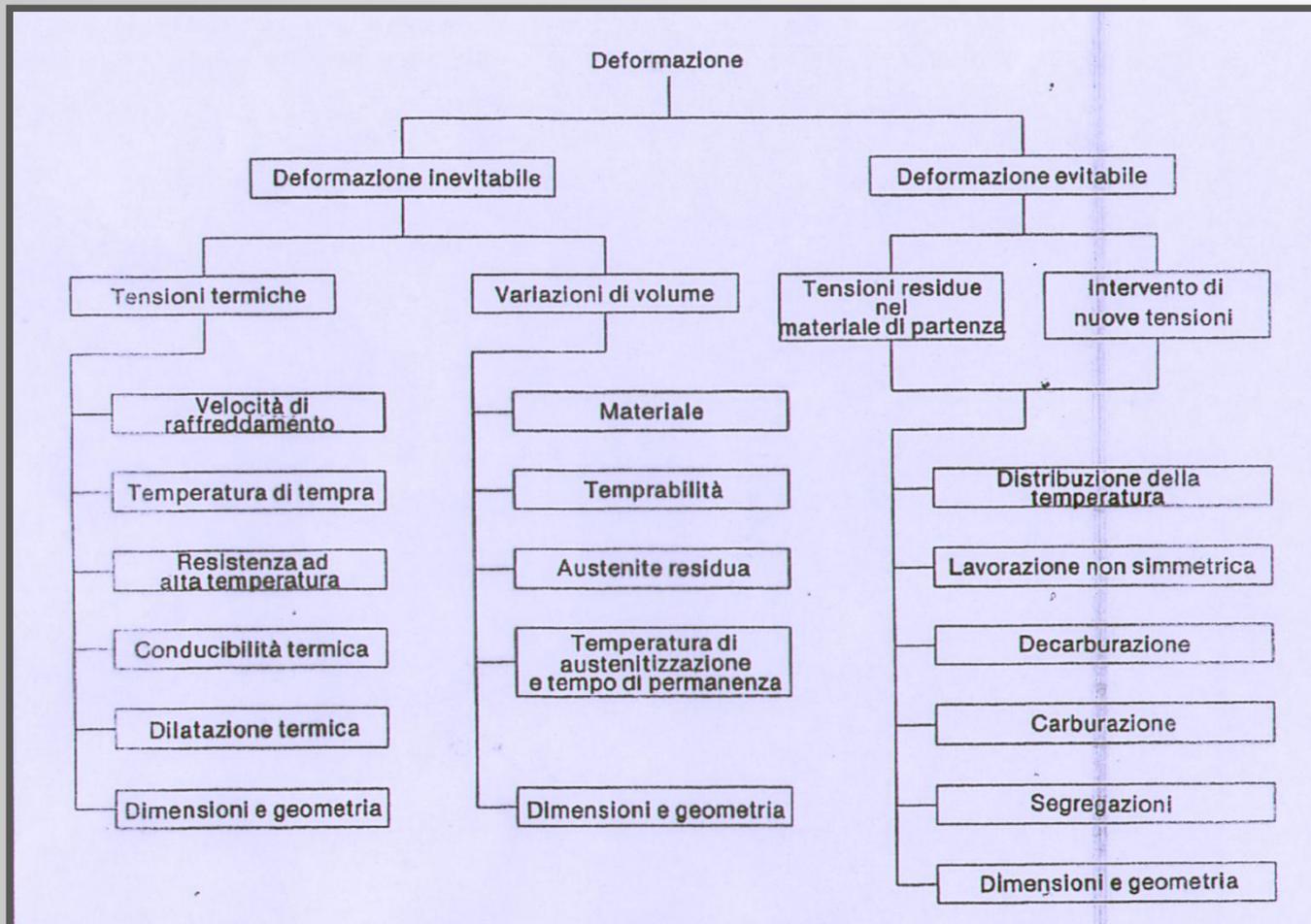
Allo scopo di governare questi tipi di deformazioni-distorsioni nella fase di tempra e preservare quindi le caratteristiche geometriche dei vari organi meccanici, si è sviluppata la tecnologia della tempra in pressa o comunque di una tempra effettuata con l'aiuto di uno stampo che controlli, se non tutti, almeno le quote funzionali per il corretto utilizzo del particolare meccanico.

La tempra in spina o pressa viene eseguita su pezzi che hanno particolare configurazione geometrica e quindi necessitano di contenere le deformazioni causate dalle tensioni di tempra. Questa tecnologia, per ottenere risultati apprezzabili, richiede che i pezzi vengano costruiti tenendo conto non solo delle tolleranze funzionali previste dal disegno costruttivo, ma anche delle tolleranze necessarie per le superfici di riferimento delle attrezzature di tempra. Pertanto la qualità del risultato di questo tipo di tempra, oltre che dai parametri di T.T., dalla precisione delle attrezzature e della macchina, dipende anche dal grado di precisione e costanza dei riferimenti cui ci si affida, ottenuti all'atto della costruzione.



Gruppo Proterm





DEFORMAZIONI

CONCAUSE

Progetto – (forma geometrica)

Tipo di acciaio utilizzato

Trasformazione e lavorazione a caldo/freddo

T.T. preliminari

Cicli di lavorazione meccanica

T.T. Finali

- drasticità del mezzo di tempra
- modalità di esecuzione della tempra
- composizione chimica e condizioni superficiali

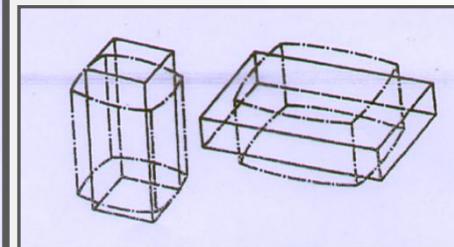
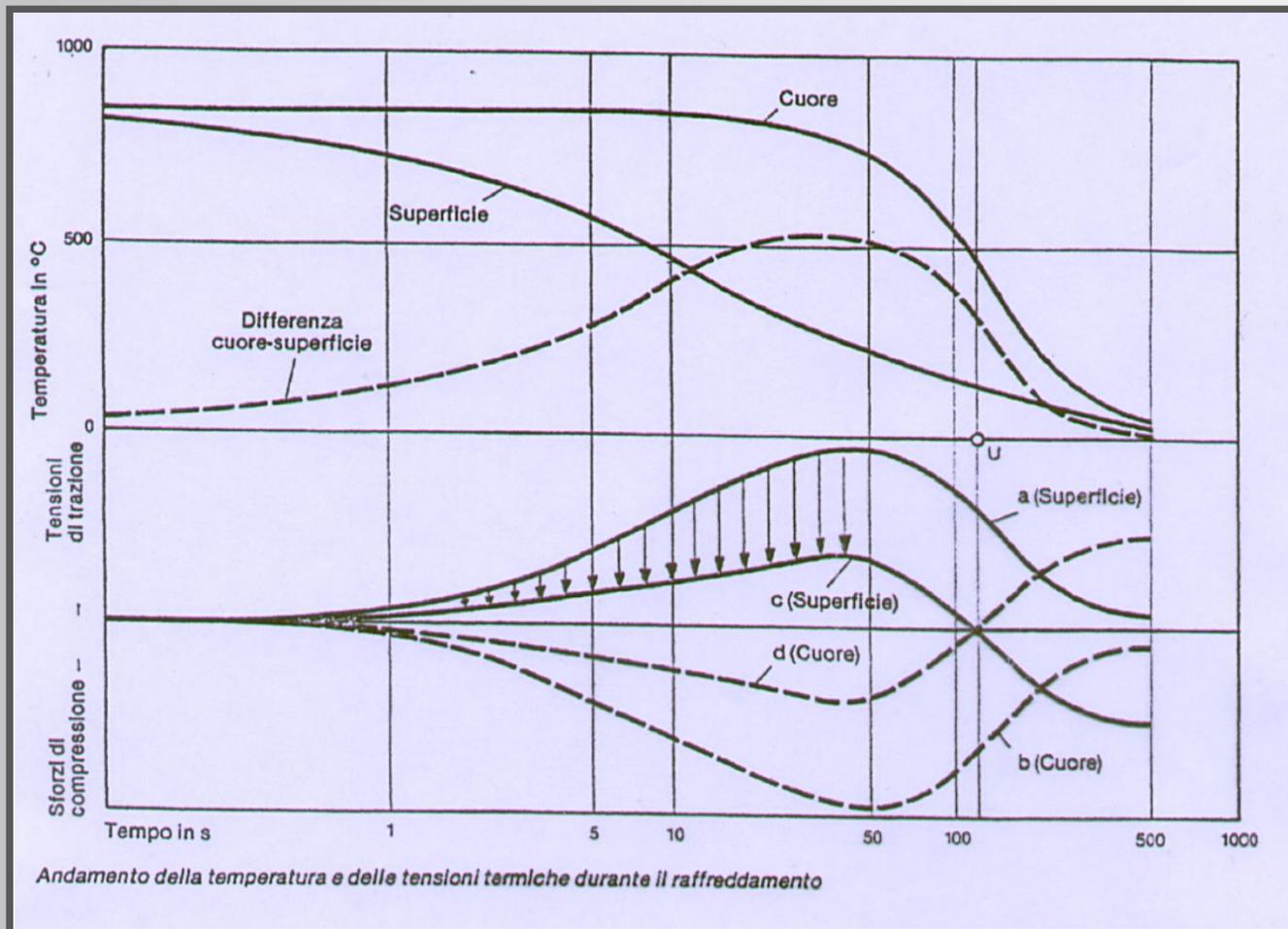


TENSIONI RESIDUE

- Tensioni termiche
dovute alla diversa velocità di raffreddamento tra regioni interne ed esterne
- Tensioni di trasformazione
dovute ai diversi volumi specifici che competono alle strutture deformate



Variazione della forma dovute a tensioni termiche



- VARIAZIONI DI VOLUME

dovute alle variazioni di fasi

passaggio da Austenite a Martensite $\Delta V/V \sim 4,2\%$

passaggio da Austenite a Bainite $\Delta V/V \sim 3,2\%$

- VARIAZIONI DI FORMA

dovute a tensioni interne che si generano dopo T.T. e portano a deformazioni sia nel campo elastico che plastico.

- DISTORSIONE

combinazione di variazione di forma e di volume



2. Descrizione del processo



La tempra sotto pressa è una fase del TT che, in funzione del tipo di acciaio, viene eseguita direttamente o dopo la fase di cementazione, che prevede il riscaldamento alla temperatura di austenitizzazione (800°-880°C) per un tempo adeguato per la completa omogeneizzazione in funzione della sezione, in un forno che garantisca l'equilibrio della % di Carbonio (0.40-1.0) con l'acciaio utilizzato ed una tempra in olio. La tempra, per limitare le deformazioni dimensionali, viene eseguita con il supporto di uno stampo che può controllare le superfici più critiche per il funzionale utilizzo dell'organo meccanico. In particolare parleremo di spina per contenere ovalizzazioni e/o restringimenti di fori e attrezzature composte per contenere deformazioni di piani di corone coniche o epicicloidali la loro ortogonalità con il foro di centraggio e la relativa geometria dello stesso.

I forni solitamente utilizzati possono essere a tunnel o rotativi in atmosfera controllata che garantisce l'equilibrio del carbonio superficiale del pezzo. Per profondità di cementazione relativamente contenuta si può prevedere la fase di cementazione direttamente in tali forni durante il passaggio per raggiungere la temperatura di austenitizzazione e di tempra



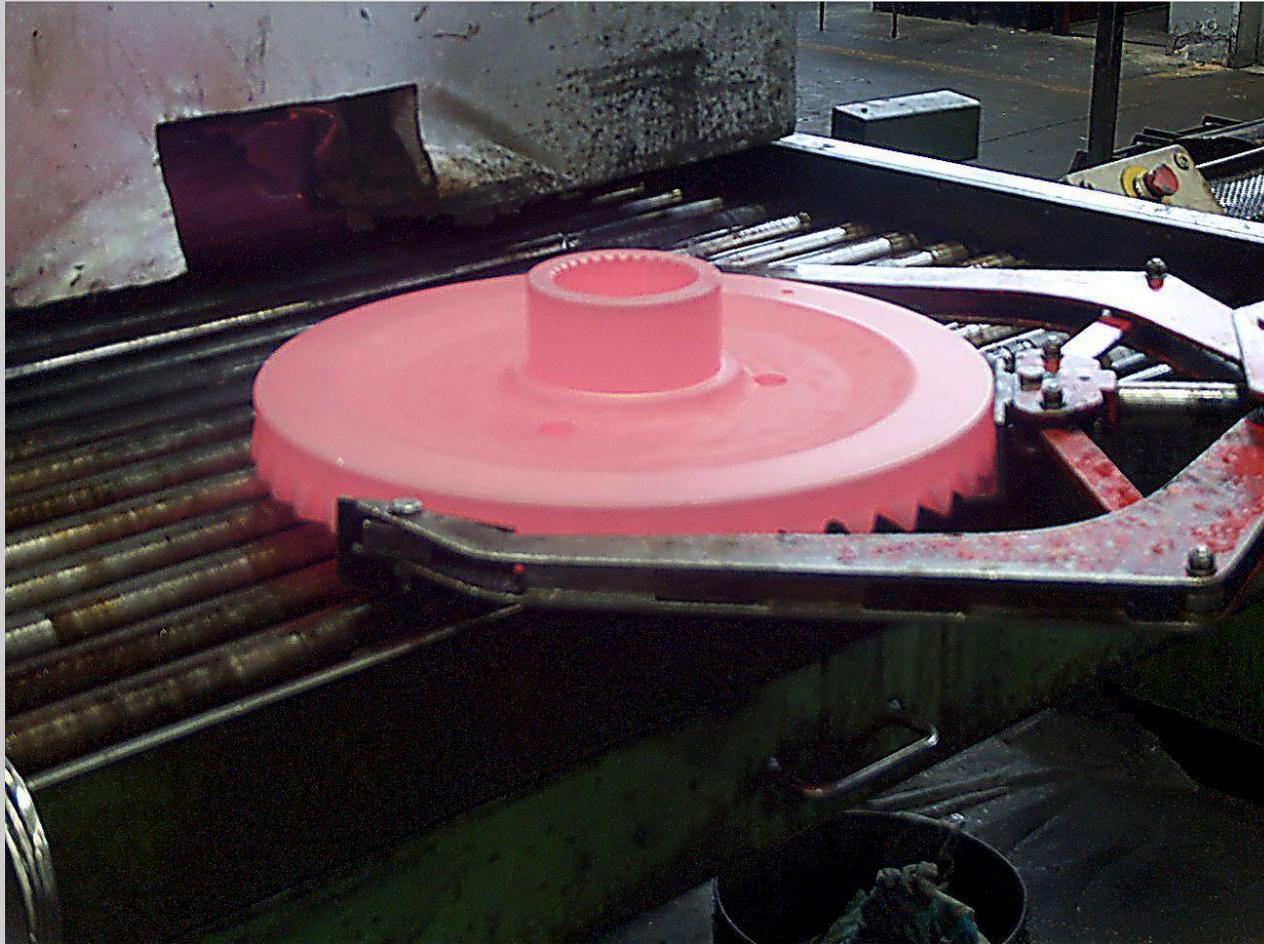
Rulliera carico di forno a rulli per Tempra in Pressa



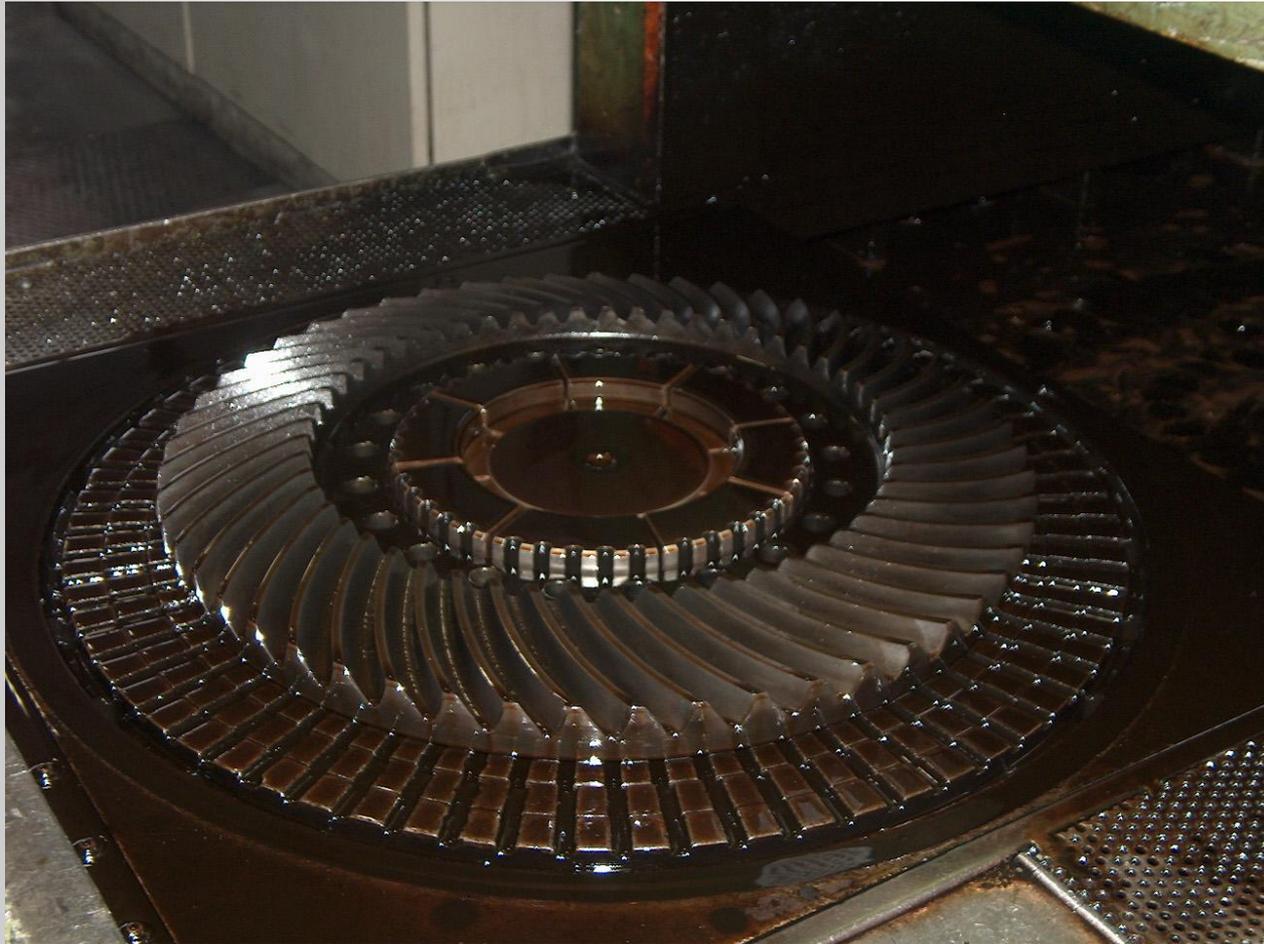
Entrata in forno



Uscita Forno

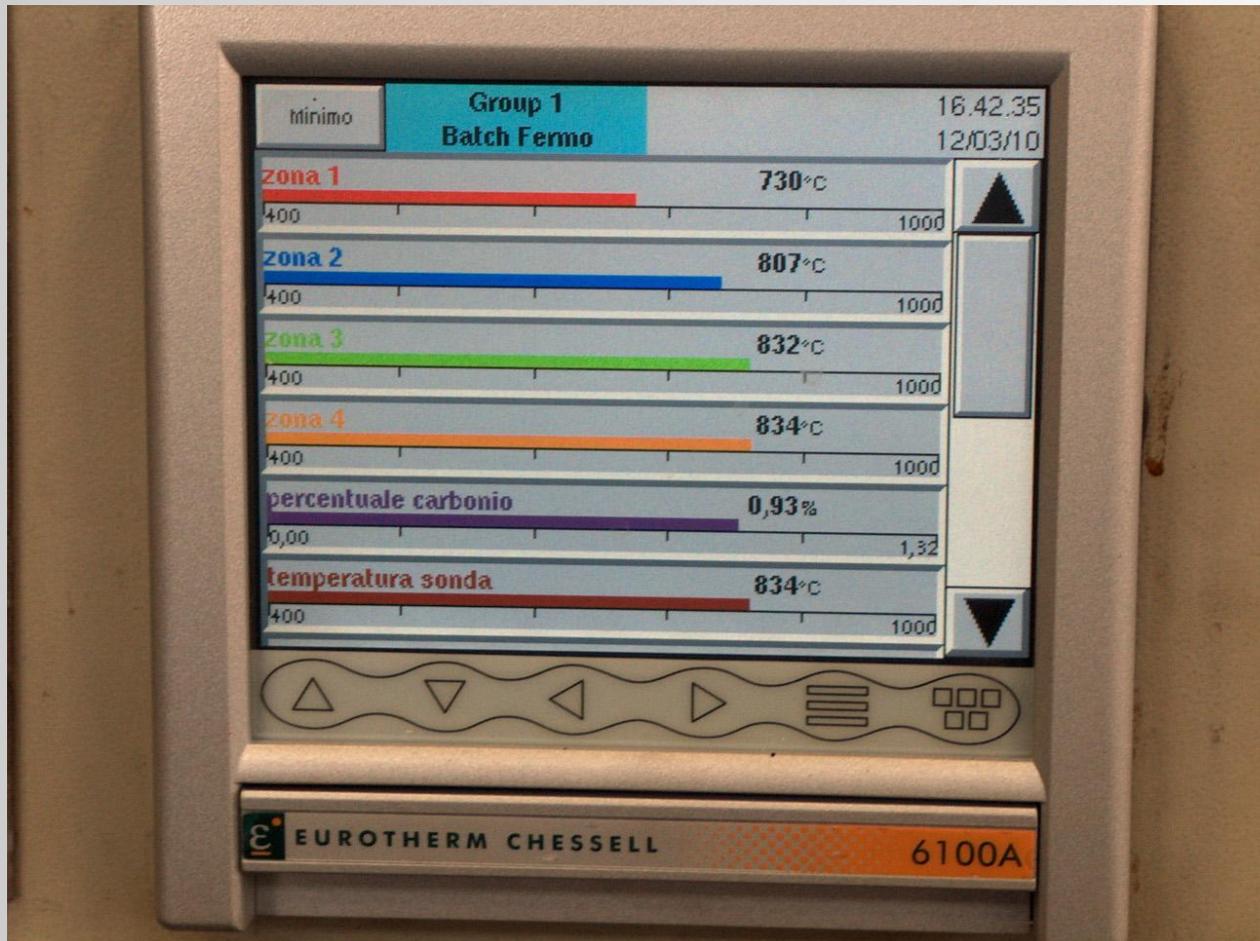


Uscita dopo Tempra in Pressa



Linee di passaggio olio stampo dopo la Tempra in Pressa





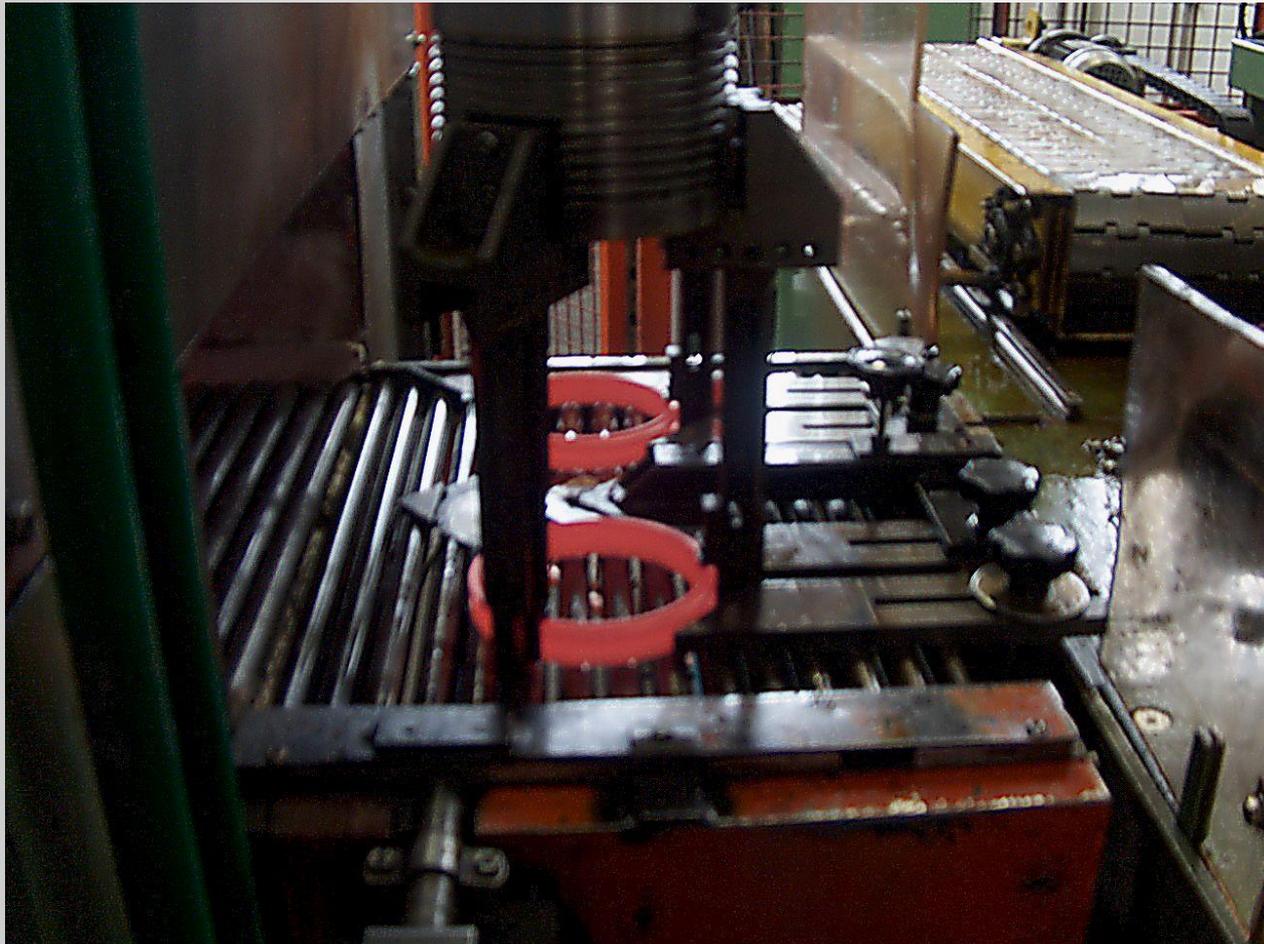
Rulliera di carico per la Tempra in Spina



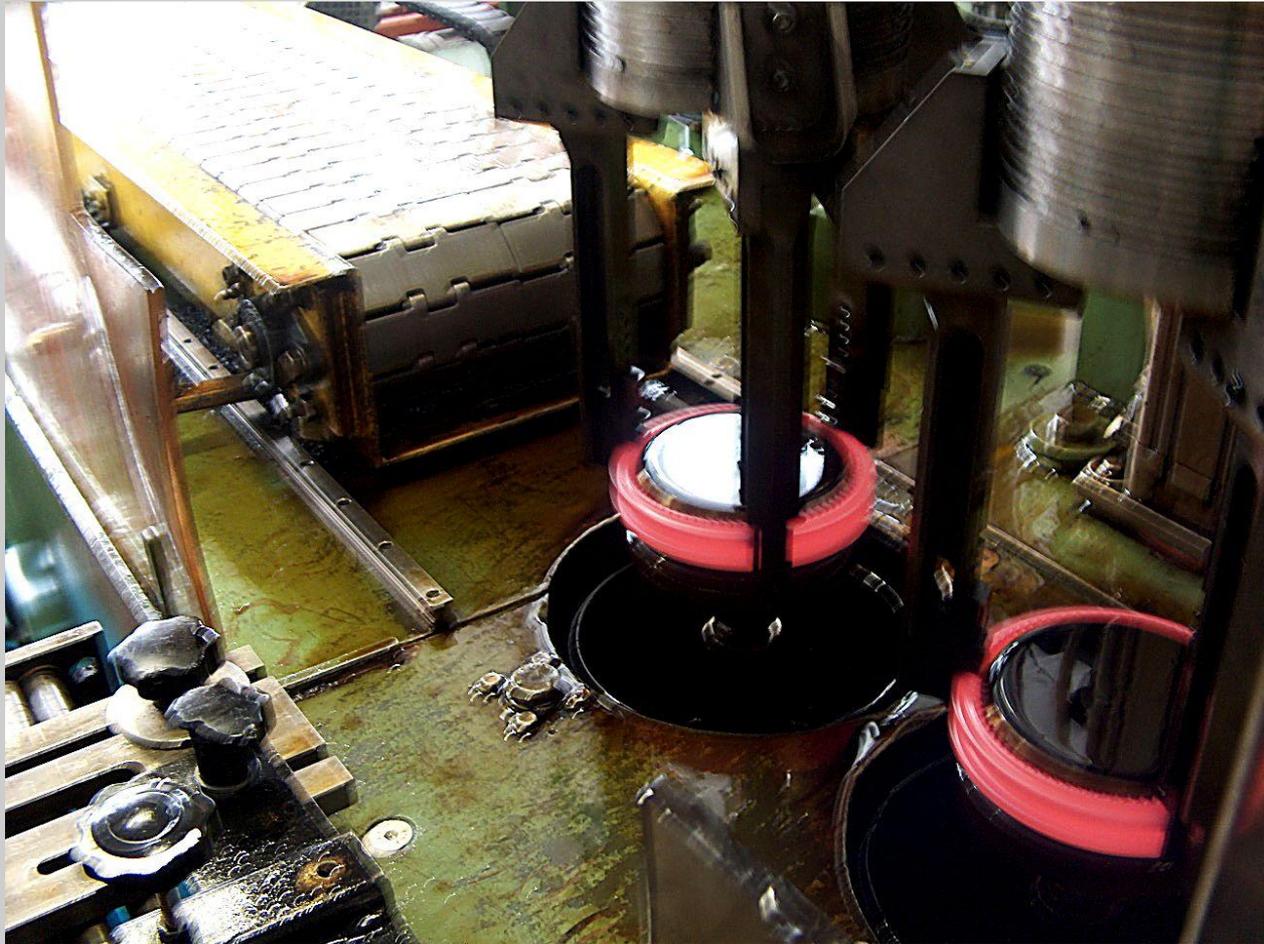
Uscita pezzi forno Tempra in Spina



Presa con portale per posizionamento pezzi su spina



Posizionamento pezzi su spina



3. Caratteristiche del raffreddamento

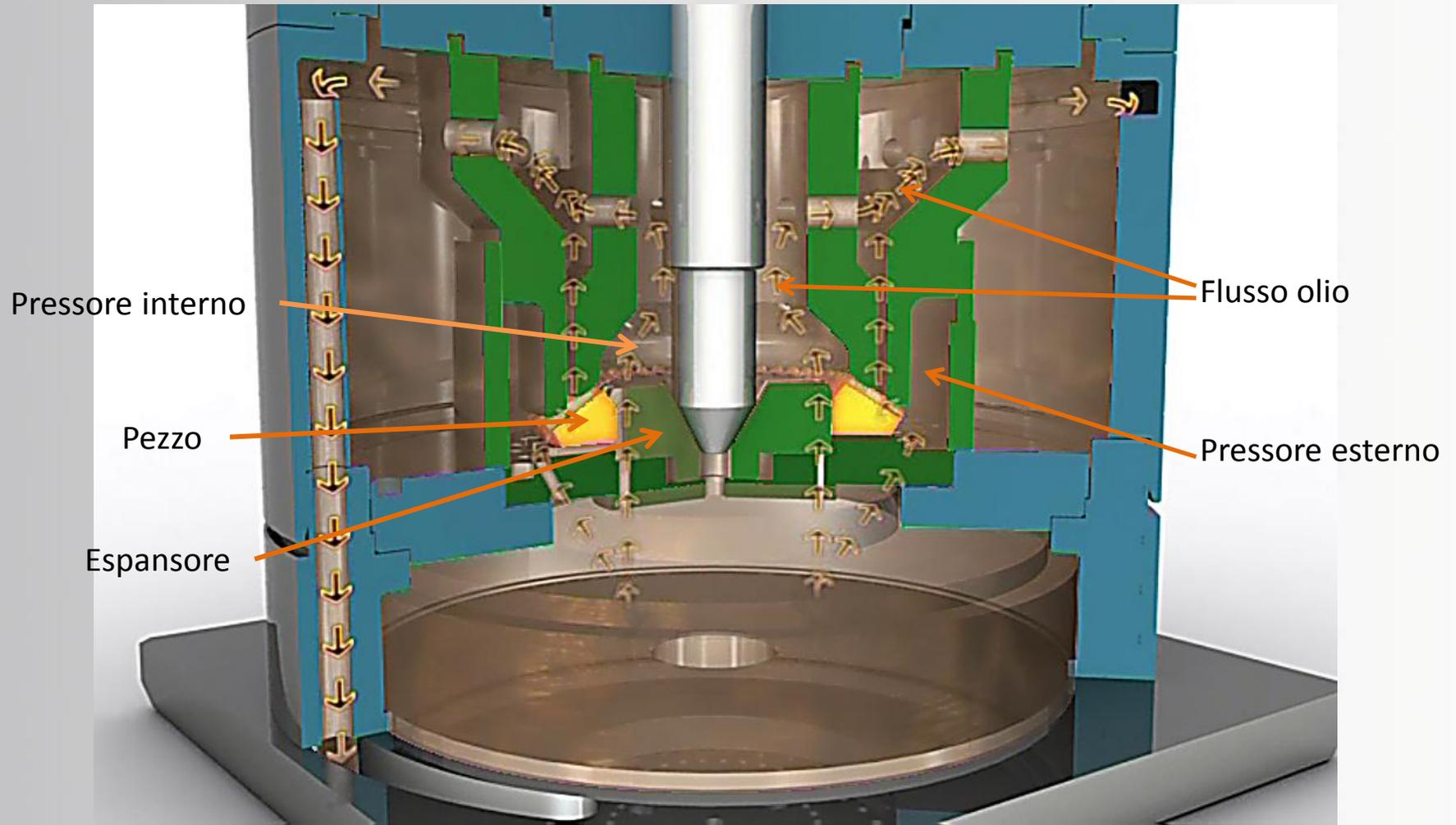


E' importante introdurre, tra gli altri aspetti tecnici, il potere di raffreddamento (drasticità di tempra) e di quello temprante (severità di tempra) che sono proprietà fondamentali per il conseguimento dei risultati metallurgici e volendo anche dimensionali. Le leggi di raffreddamento di un pezzo sottoposto a tempra dipendono largamente dalla drasticità e di conseguenza sono dipendenti le trasformazioni metallurgiche che conducono alle caratteristiche di qualità del particolare temprato e si possono così sintetizzare: stesse modalità di raffreddamento = stessa struttura = stessa durezza = stesse caratteristiche geometriche. E' pertanto evidente la differenza tra la tempra libera di un pezzo inserito in una carica di un forno industriale che per quanto omogeneo possa essere il modo di bagnabilità, di riciclo e agitazione del mezzo di raffreddamento non sarà mai paragonabile al sistema di raffreddamento di un singolo pezzo con il convogliamento dell'olio dato dallo stampo. Infatti l'agitazione del bagno è uno dei fattori che più influenzano le proprietà raffreddanti di un olio e quindi avere la possibilità di rinnovare continuamente il liquido che lambisce la superficie dei pezzi assicura uno scambio termico adeguato tra i pezzi e il fluido. Effettuare un raffreddamento uniforme garantisce di evitare zone tenere e deformazioni nella fase critica di convezione del calore. Un aumento della temperatura del bagno diminuirebbe essenzialmente la velocità di raffreddamento durante la fase di convezione riducendo pertanto il gradiente termico tra il pezzo ed il bagno, poiché questo è il campo di temperature in cui si ha trasformazione in martensite (con aumento di volume), le deformazioni in larga misura dovute al gradiente termico all'interno del pezzo avranno una minore incidenza. Possiamo pertanto affermare che con l'operazione di tempra in pressa abbiamo:

- il rinnovo continuo del liquido che lambisce la superficie del pezzo e ciò assicura uno scambio termico adeguato tra i pezzi e il fluido;
- un raffreddamento uniforme per evitare la presenza di zone tenere e le deformazioni dovute a tensioni per disuniformità nella fase finale della convezione;
- una gestione più controllata delle caratteristiche di temperatura, di agitazione e delle condizioni operative dell'olio.



Flussi dell'olio all'interno dello stampo



CARATTERISTICHE DI RAFFREDDAMENTO

- *Potere di raffreddamento (drasticità di tempra)*
- *Potere temprante (severità di tempra)*
conseguimento dei risultati metallurgici

Stesso raffreddamento

=

Stessa struttura

=

Stessa durezza

=

Stesse caratteristiche geometriche



- TEMPRA LIBERA

Omogeneità di bagnabilità in una carica di un forno industriale.

- TEMPRA IN STAMPO

Convogliamento dell'olio dato dallo stampo.

- AGITAZIONE DEL BAGNO

Influenza le proprietà raffreddanti di un olio.

Rinnovare il liquido che lambisce la superficie del pezzo.



4. Caratteristiche delle attrezzature



Il concetto dell'attrezzatura per la tempra in stampo è l'aspetto principale per la riuscita dell'operazione. A questo scopo è importante individuare i riferimenti precisi nella costruzione del manufatto da utilizzare poi per la costruzione dell'attrezzatura di contenimento. La tempra in pressa solitamente utilizza tre funzioni denominate:

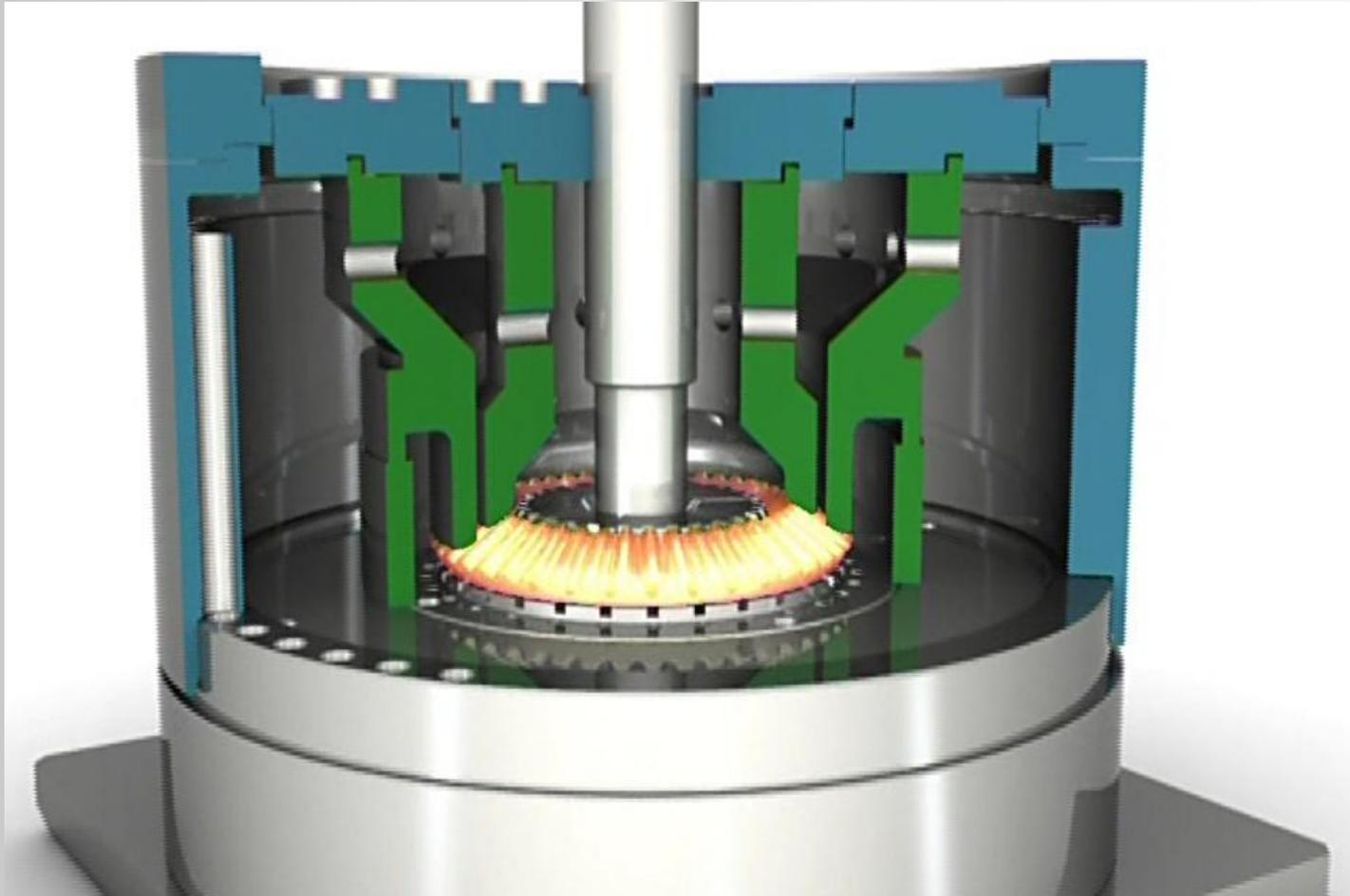
- espansore o pressore centrale utilizzato per il controllo o contenimento dei fori centrali come nelle corone coniche o epicicloidali ;
- pressore interno utilizzato solitamente per il controllo del piano;
- pressore esterno utilizzato per il controllo del diametro esterno del pezzo o di una parte di piano su cui agire con pressione diversa rispetto al pressore interno.

L'attrezzatura per la tempra in spina è solitamente un tampone calibrato, anche a più diametri, che contiene semplicemente i vari diametri dei fori.

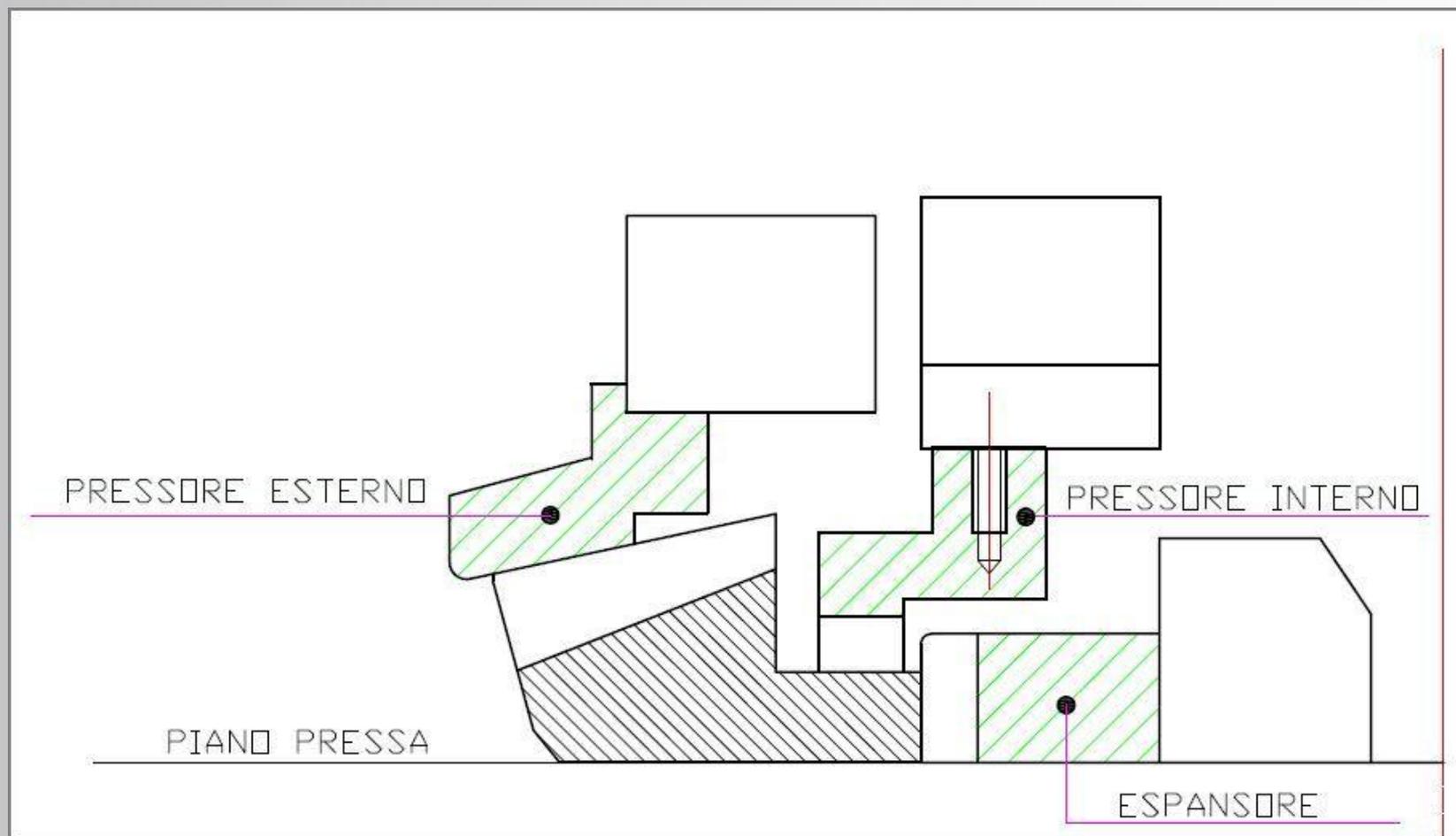
Tali componenti devono pertanto copiare in maniera fedele la geometria del manufatto che deve essere, per queste quote anche se non direttamente interessate al funzionamento dello stesso, tollerate in modo preciso e ripetitivo. Altro aspetto fondamentale da considerare nella costruzione dell'attrezzatura è il passaggio dell'olio e il flusso che questo deve avere per lambire in modo regolare e il più uniforme possibile tutte le superfici del pezzo stesso.



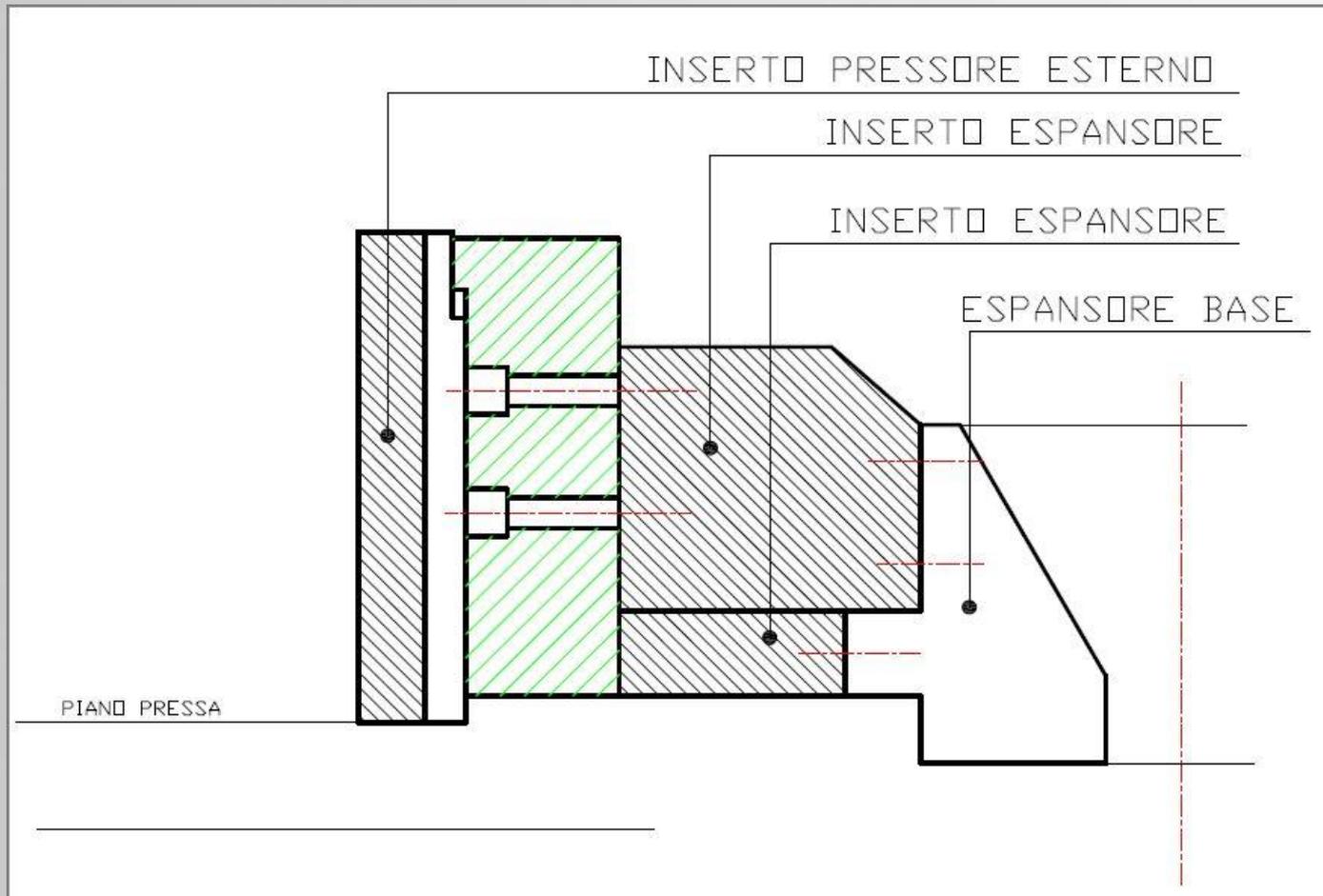
Sezione di stampo per pressa composto



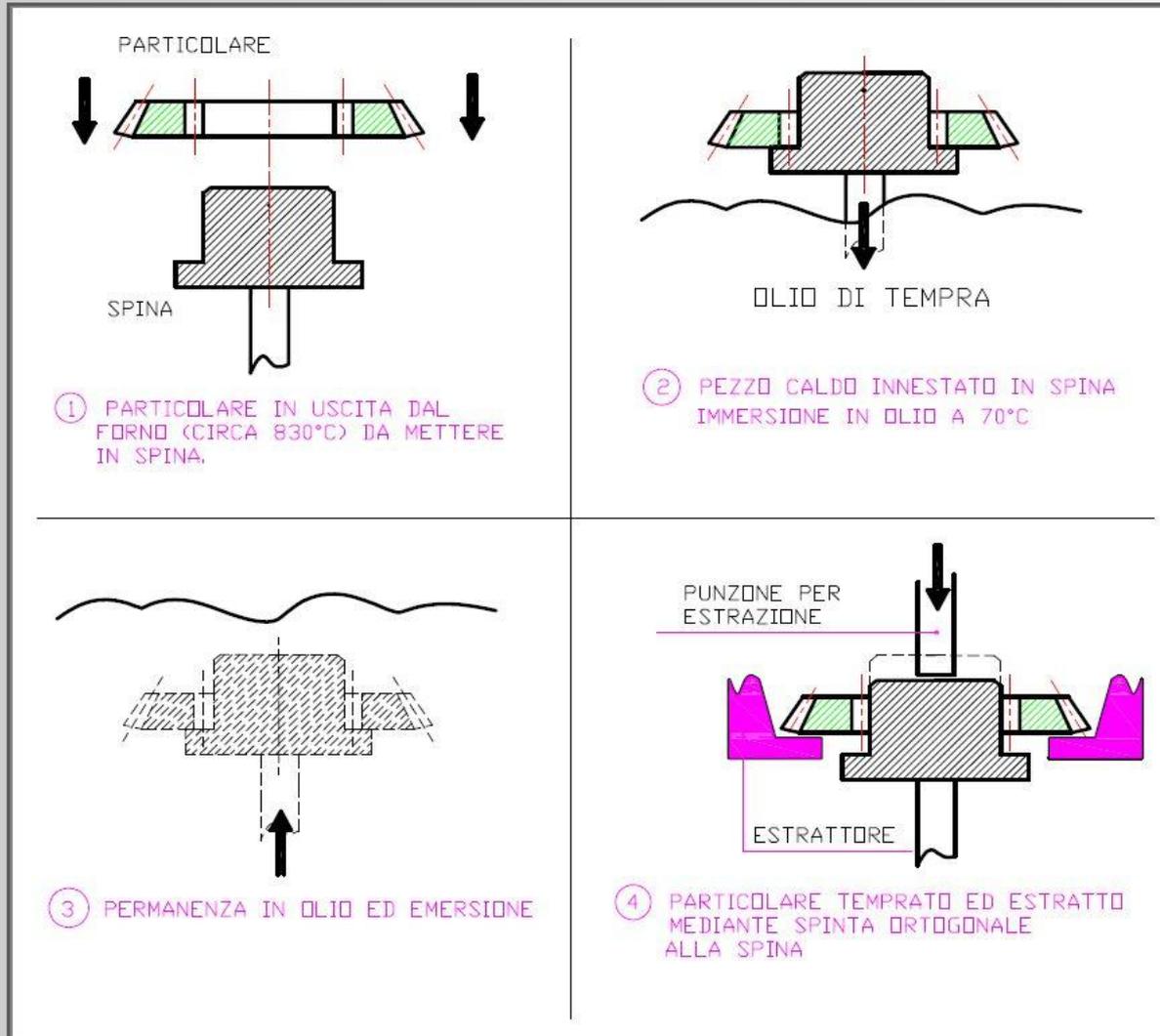
Complessivo corona conica



Complessivo corona epicicloidale



Schema sequenza tempra in spina



5. Controllo delle capacità del processo e risultati ottenibili



La tecnologia della tempra in stampo è una delle poche che nel trattamento termico può, in qualche modo, essere paragonata alle lavorazioni meccaniche su macchina utensile. Ciò in quanto, a differenza dei normali processi industriali di TT in cui la carica di un forno è composta da un numero significativo di pezzi, in questo caso si procede alla tempra di un pezzo per volta con la possibilità di intervenire sui parametri di lavoro dopo il controllo di ogni singolo pezzo. A questo scopo si prevede il settaggio dei parametri termici del forno (temperatura, tempo, composizione atmosfera) per gli aspetti metallurgici e quelli della macchina di tempra (pressioni di spinta sullo stampo, pulsazioni, tempi e temperature del raffreddamento) per gli aspetti dimensionali/metallurgici ad ogni inizio produzione con specifico benessere del responsabile della lavorazione e una pianificazione della cadenza dei controlli di produzione dettate da:

- dati storici e capacità del processo rilevate,
- dalla specifica difficoltà del pezzo stesso,
- da specifiche richieste del cliente.

La richiesta dei risultati dimensionali, oltre che metallurgici, sempre più ripetibili e precisi da parte di settori produttivi quali l'automotive, il ferroviario, ecc.. ha portato ad applicare al processo della tempra in stampo tutte le metodologie di controllo del processo dell'automotive stesso quali:

- piani di controllo,
- analisi e misura dei potenziali difetti (FMEA),
- misura della capacità del processo e prodotto (C_p , C_{pk}) sulle caratteristiche critiche,
- raccolta di dati statistici.

Per ottenere tutto questo si devono eseguire controlli sul processo pianificati ed eseguiti in modo sistematico e documentato sia sugli impianti che sui prodotti e garantire comunque una efficienza degli impianti (manutenzione preventiva e di qualifica degli impianti stessi) indispensabili per garantire i risultati richiesti. L'addestramento del personale su questi aspetti procedurali e il monitoraggio costante del processo con controllo dei parametri e dei risultati ottenuti sono la condizione necessaria per ottenere i potenziali risultati che la tempra in stampo può portare.



CONTROLLI DI PROCESSO

- *Scheda tecnica di produzione*
- *Avviamento e approvazione della produzione*
- *Scheda controlli processo*
- *Verifica efficienza attrezzatura*



Scheda tecnica di produzione

		DATI E CURRICULUM DI PRODUZIONE		PO S08 A03 Rev. 4 del 19/12/2003	
DATA: _____					
CLIENTE:	DISEGNO:	PARTICOLARE:			
PESO CAD.(Kg):	TIPO PRESSA:	CODICE/N. SPINE:			
CATEGORIA SINGOLA:	CATEGORIA MULTIPLA:				
DATI TECNICI					
PRESSORE ESTERNO:			PRESSIONE:		
PRESSORE INTERNO:			PRESSIONE:		
ESPANSORE:			PRESSIONE:		
APPOGGIO:					
PIANO:					
PULSAZIONE:	SI	NO			
PRE PARAZ.ATTREZZ.(min.):					
PREPARAZ.PRESSA (min.):					
MONTAGGIO SPINE (min.):					
Note:.....					
PARAMETRI DI PRODUZIONE					
CADENZA/ORA SINGOLA:		CADENZA/ORA MULTIPLA:			
VELOCITA' DI AVANZAMENTO:		CADENZA:			
CAMBIO DI USCITA:		DIAM.PEZZO /CENTRATORE:			
ALTEZZA APERTURA PORTE:		ALTEZZA PEZZO:			
T°C DI TEMPRA:		T°C DI RINVENIMENTO:			
		TEMPO DI RINVENIMENTO:			
TEMPO PERMANENZA PRESSA:					
N.° PROGRAMMA PRESSA:		N.° PROGRAMMA SPINA			
<u>N.B.: OGNI VARIAZIONE DEI DATI IMPOSTATI DEVE ESSERE APPROVATA DAL RESPONSABILE DI PRODUZIONE.</u>					

f PROTERM S.p.A. TRATTAMENTI TERMICI		PROSPETTO CONTROLLI REPARTO (TEMPRA SPINA/LAVATRICE)				POS08 A04/1 Rev.5 del 21/06/2006												
		N.B.: tutti i controlli vanno eseguiti all'inizio di ogni turno.				Settimana dal.....al.....												
Operatori:	Mattino:.....	Pomeriggio:.....	Notte:.....	LUN.		MART.		MERC.		GIOV.		VEN.		SAB.				
				M	P	N	M	P	N	M	P	N	M	P	N	M	P	N
F O R N O	ACQUA DI RAFFREDDAMENTO	L'acqua deve uscire dai tubi forte e fresca. Se OK segnare X																
	OLIO IDRAULICO SPINA																	
	PORTATA AZOTO (fondo scala+2 giri di valvola)	Il livello nel serbatoio deve essere visibile nella spia. Se OK segnare X																
	PORTATA ENDOGAS (min.15 m3/h.)					Controllare diverse volte durante il turno.Se OK segnare OK.												
L A V.	OLIO IDRAULICO	Se OK segnare X																
	LIVELLO ACQUA					Se OK segnare X												
CONTROLLI SETTIMANALI				F3						Firma operatore								
PULIZIA FILTRI OLIO		Se OK segnare X																
LIVELLO OLIO DI TEMPRA		Se OK segnare X																
OLII DI LUBRIFICAZIONE		Se OK segnare X																



NUMERO PARTITA	CONTROLLO DELLA DUREZZA SUP. DOPO TEMPRA, DELLA % DI C. E NOTE SUPPLEMENTARI.				VALORI DI RIFERIMENTO: per prof. <=0,5 mm.HRA>=82 per prof.>0,5 mm.HRC>=62			
	HR				CONTROLLO POTENZIALE DI C. (%)	a	b	c
1								
2								
3					-valore impostato (a)	a	b	c
4					-valore sonda O2 (b)	a	b	c
5					-lamierino o campione (c)	a	b	c

CADENZA DEI CONTROLLI DI DUREZZA

Particolari in tempratura su spina: 2/3 pz. all'inizio della produzione + 1 pz. all'ora.

Particolari in tempratura sotto pressa (peso <10 Kg.) 1 pezzo ogni 2 ore e comunque 1 pz. della fornata sempre all'inizio della produzione.

Particolari in tempratura sotto pressa (peso > 10 Kg.): 1 pz. ogni fornata sempre all'inizio della produzione

INTERRUZIONE DELLA PRODUZIONE: dalle ore: _____ alle ore: _____

DESCRIZIONE DEL PARTICOLARE IN LAVORAZIONE: _____

MOTIVO DELLA INTERRUZIONE: _____

FORNO N.°: _____ OPERATORE: _____

NOTE: _____

SCHEDA VISIONATA DA: _____ COPIA PER:

UFFICIO PRODUZIONE

MANUTENZIONE

NB: alla fine di ogni turno, segnare il numero dei pezzi fatti. Il presente foglio è valido 24 ore, dalle ore 5,00 alle ore 5,00 del giorno dopo.

PAUSA MENSA: ore 12,00/12,30-18,30/19,00-0,30/1,00

LEGENDA: A=assenza-P=pausa mensa-G=guasto-S=sciopero

CLIENTE		N. DISEGNO	TIPO MAC = CHINA	PESO TOT. (Kg.)	N. TOT. PEZZI	TEMPO IMPIEGATO		N. PEZZI/TURNO-OPERATORE			PARAMETRI DI PROCESSO	C.P.
N. PARTITA		DESCRIZ				Dalle ore	Alle ore	mattino	pomeriggio	notte	TEMP. °C	
1			PRESSA:					N.	N.	N.	TEMP. °C	
			N. SPINE:									
2			PRESSA:					N.	N.	N.	TEMP. °C	
			N. SPINE:									
3			PRESSA:					N.	N.	N.	TEMP. °C	
			N. SPINE:									
4			PRESSA:					N.	N.	N.	TEMP. °C	
			N. SPINE:									
ORE LAVORO												
F1			PRESSA 529-1									
			PRESSA 529-2									
			PRESSA 537-3									
			SPINA									
F2			PRESSA 529-4									
			PRESSA 537-5									
			PRESSA 537-6									
F3			SPINA									

Part/ process Number		Process Name / Operation Description	Machine Device Jig, tools	Characteristics		Special Char Class	Methods						
				Product	Process		Product/Process Specific/Tolerance	Evaluation Measur. Technique.	Sample		Control Method	Person Responsible	Reaction Plan
			No						Size	Freq.			
1		Ricevimento materiale	Scarico da automezzo	Imballo, corrispondenza documenti di accompagnamento, peso / nr. pezzi			Documenti tecnici e specifiche	Controllo conformità peso-imballo-nr.pezzi	Peso 3 pz.	Tutti i lotti	Secondo Pos 01	Addetto scarico	Blocco materiale, contatto cliente
2		Emissione scheda di lavorazione	Sistema informatico	Scheda di lavorazione	Allegare scheda di lavorazione al lotto		Verifica dati tecnici	Presenza della scheda per ogni lotto		Tutti i lotti	Pos 01	Resp. Rizec	Blocco materiale
3		Cementazione	Forno linea Cieffe	Strato di cementazione	Trattamento termico		0.6-1.0	Tempo-temp-%C.	Cont. processo	Tutti i lotti	Pos03	Capo turno	Segnalazione RSQ e Prod.
4		Tempra in spina e rinvenimento	Forni a rulli Stella e vasca spina. (S541)	1	%C superficiale-	Trattamento termico Aspetto metallurgico	0.8-1.0	Spettrometro	1 per carica	Tutti i lotti	Pos 08 Pos 05	Resp. Collaudo	Blocco materiale e rilavorazione.
				2	Durezza superficiale-		58-63 HRC	Durometro					
				3	Struttura		spec.ZF 417	Microscopio					
5		Tempra in spina e rinvenimento	Forni a rulli Stella e vasca spina. (S541)	1	Controllo dim. Z.26	Trattamento termico Aspetto dimensionale	30,051-31.117	Rulli d. 2,00 + spess. calibrati	1 pz	Ogni 20	Pos 08 Pos 05	Capo reparto Spina.	Blocco materiale e rilavorazione
				2	Controllo dim. Z.38		52,443-52,504	Rulli d. 2,50 + Spess. Calibrati					

Firma: A.Z.

1 di 3

		POTENZIAL FAILURE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)					FMEA N° 2		Rev. 0 del 05/11/08									
							Compilata da: Zanotti											
Particolare: Anelli interni/esterni							Resp. del Processo											
Cliente:				(FMEA)			(PROD)			Data FMEA: 06/03/09								
Gruppo di lavoro:						Processo: Tempra in pressa + Rinvenimento												
Requisiti del Processo	Tipo del Difetto	Effetti potenziali del Difetto	GRA	Caratt. Speciali	Cause potenziali del Difetto	PRO	Controlli attuali del Processo	RIL	N° Pri. Rischio	Azioni Correttive Raccomandate	Responsabilità, Obiettivi e data Completamento A.C.	Risultati dell'Azione Correttiva						
												Azioni Intraprese	GRA	PRO	RIL	N° Pri. Rischio		
Identificazione materiale	Mancanza identificazione	Errato ciclo di lavoro	5		Mancanza scheda lavorazione	3	Verifica prog/operatore completezza dati scheda di lavorazione	4	60									
Verifica risultati processo di TT precedente	Fuori specifica (strato cementato, livello carbonio)	Non ottenimento caratteristiche finali	8		Mancanza o inadeguatezza dei controlli metallurgici	3	Controlli di laboratorio prof.cm e valore %C a strati	4	96									
Durezza superficiale /cuore	Fuori specifica	Riduzione vita particolare in esercizio Scarto Rilavorazione	8		Ciclo TT non qualificato	3	Check list operatori, allarmi impianto Prove di durezza	3	72									
					Parametri di ciclo errati (tempo, temp, atmosfera)	3	Check list operatori, allarmi impianto Prove di durezza	3	72									
					Difetto o anomalia forno	4	Check list operatori e manutenzioni preventive	3	96									

2 di 3

Requisiti del Processo	Tipo del Difetto	Effetti potenziali del Difetto	GRA	Caratt. Speciali	Cause potenziali del Difetto	PRO	Controlli attuali del Processo	RIL	N° Pri. Rischio	Azioni Correttive Raccomandate	Responsabilità, Obiettivi e data Completamento A.C.	Risultati dell'Azione Correttiva				
												Azioni Intraprese	GRA	PRO	RIL	N° Pri. Rischio
Strato cementato/ struttura	Fuori specifica	Riduzione vita particolare in esercizio Scarto Rilavorazione	8		Difetto portata fessimetri atmosfera carburante	3	Check list operatori e valutazione allarmi	3	72							
					Inadeguatezza temperature / tempo di tempr e rinvenimento	3	Check list operatori e valutazione allarmi Controlli preventivi strumenti di misura	2	48							
					Impostazione dati set non corretti	2	Check list operatori Controlli metallurgici di laboratorio	2	32							
					Inadeguato tempo di scarico/posizionamento particolare dal forno	3	Addestramento e qualifica operatore	4	96							

3 di 3

Requisiti del Processo	Tipo del Difetto	Effetti potenziali del Difetto	GRA	Caratt. Speciali	Cause potenziali del Difetto	P R O	Controlli attuali del Processo	R I L	N° Pri. Rischio	Azioni Correttive Raccomandate	Responsabilità, Obiettivi e data Completamento A.C.	Risultati dell'Azione Correttiva				
												Azioni Intraprese	GRA	PRO	RIL	N° Pri. Rischio
Caratteristiche dimensionali	Fuori tolleranze disegno	Rilavorazione o scarto	5		Utilizzo stampo o montaggio non adeguato	2	Scheda piazzamento pressa Cek list operatore Controlli dimensionali (SPC)	4	40							
					Deterioramento stampo	2	Cek list operatore Controlli dimensionali (SPC)	3	30							
					Set up pressa Gleason non idoneo	2	Scheda piazzamento pressa Controlli dimensionali	2	20							
					Inadeguatezza strumenti di misura	3	Cek list operatore Controlli periodici strumenti di misura	3	45							

CONTROLLI DI PRODUZIONE

- *Collaudo di produzione (control plan)*
- *Scheda controlli di produzione dimensionali*
- *Controlli Metallurgici*

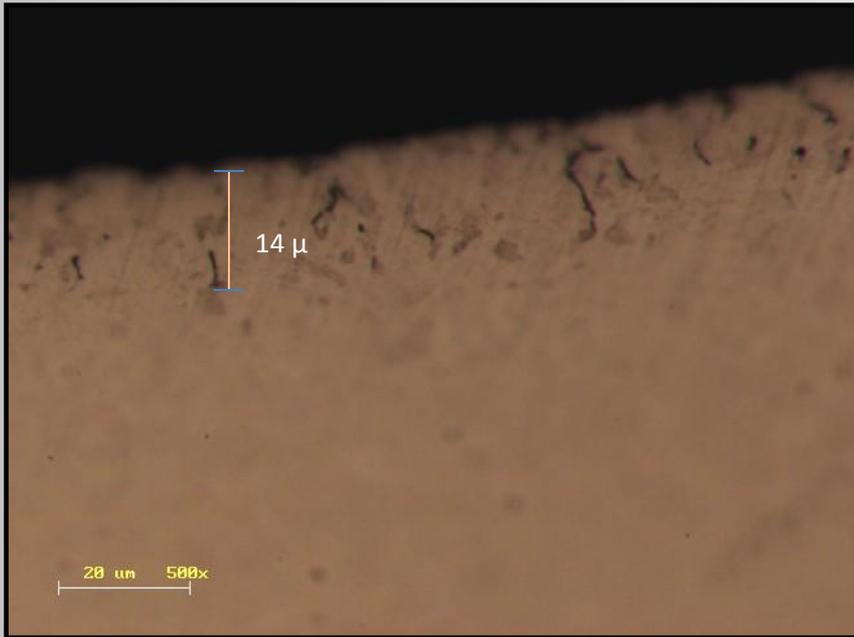


		COLLAUDO DI PRODUZIONE (CORONA CONICA)		POS03 A09/1 Rev.3 del 28/04/06																											
CLIENTE:		N.°PARTITA:		N.°C.P.:																											
				data:																											
N.°DISEGNO:			N.°PEZZI:																												
TIPO MACCHINA:			MATERIALE:																												
Tipo di azzeratore:		Diam. azzeramento:		Frequenza di controllo:																											
Errore max piano:		Errore max tazza:		Ovalizzazione max:																											
				Tolleranza diam.:																											
PROVEN.	A	B	C	D	E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2			
VARIAZIONE DI DIAMETRO, OVALITA'	+32																														
	+28																														
	+24																														
	+20																														
	+16																														
	+12																														
	+8																														
	+4																														
	0																														
	-4																														
	-8																														
	-12																														
	-16																														
-20																															
-24																															
-28																															
-32																															
PLANARITA'	36																														
	32																														
	28																														
	24																														
	20																														
	16																														
	12																														
TAZZA	8																														
	4																														
	0																														
	-4																														
	-8																														
	-12																														
	-16																														
CONTROLLO AMMACCATURE																															
SI																															
NO																															

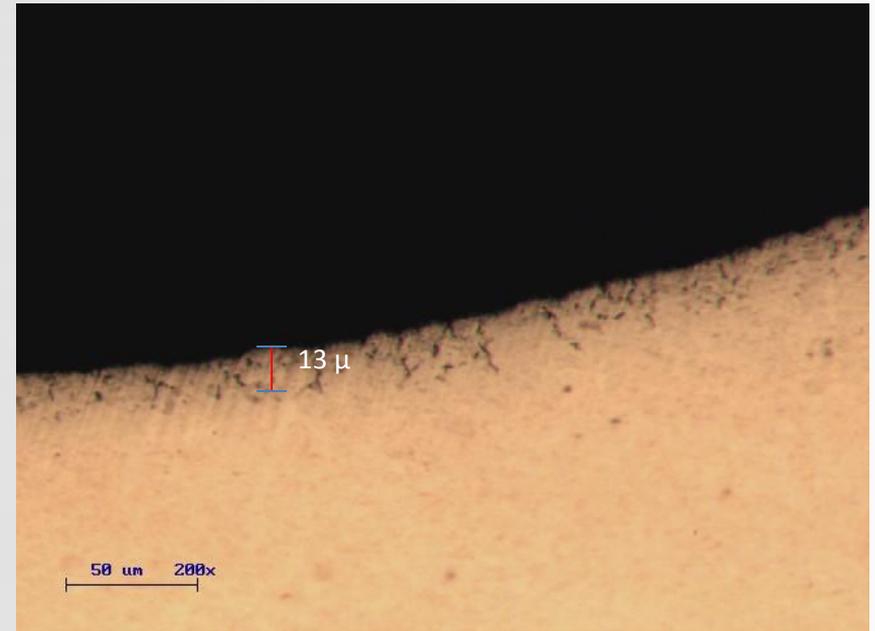


Controllo metallurgico

eseguito su Corona Conica temprata in pressa dopo cementazione prof. 2,3 mm.



Dopo attacco nital 1% x500



Dopo attacco nital 1% x200

Valutazione dell'ossidazione superficiale e delle bainiti di superficie in prossimità del raggio di raccordo di fondo dente

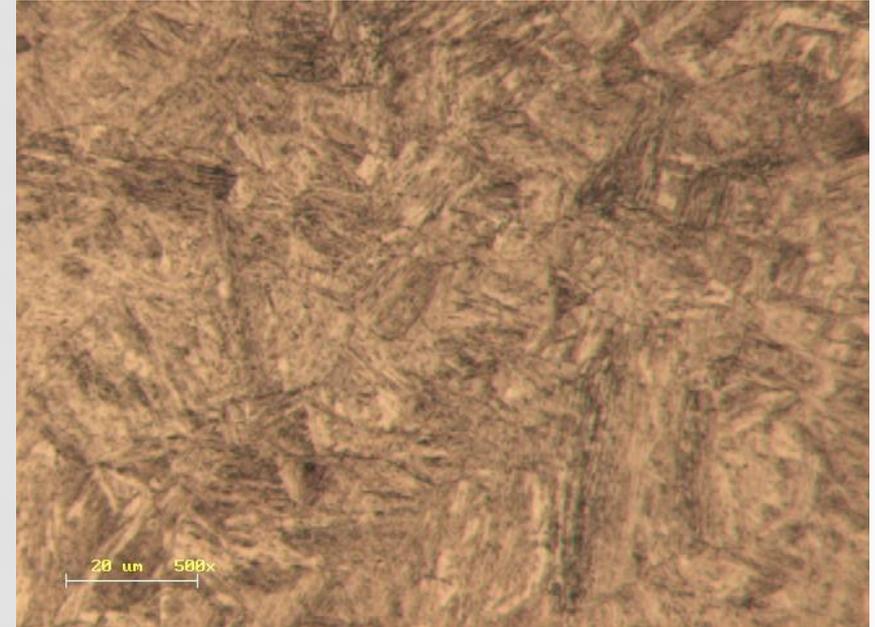


Controllo metallurgico

eseguito su Corona Conica temprata in pressa dopo cementazione prof. 2,3 mm.



*Zona superficiale:
Martensite rinvenuta e tracce di austenite
residua*



*Cuore base dente:
Martensite e tracce Bainite*



6. Prassi operativa del rapporto committente fornitore del T.T.

L'utilizzo della tempra in stampo mette in evidenza la necessità di un approccio corretto tra il progettista o comunque il committente e chi esegue il T.T. per ottenere i potenziali risultati che tale tecnologia può esprimere. Risulta quindi necessario un rapporto stretto tra chi progetta e studia il ciclo di lavoro e chi esegue il T.T. in quanto la costruzione di attrezzature, solitamente specifiche per ogni figura, richiede la conoscenza degli aspetti funzionali (noti all'utilizzatore/progettista) e delle quote di riferimento per la macchina da utilizzare per la costruzione dell'attrezzatura (note al trattamentista).

In questo contesto non deve sfuggire l'aspetto economico, legato alla necessità di confrontare costi di costruzione di attrezzature, maggiori costi di esecuzione del TT con i risultati qualitativi finali ottenibili. Tali valutazioni vanno eseguite in funzione del numero dei pezzi totale da costruire, il numero minimo per lotto produttivo ed eventuali selezioni e controlli finali e percentuali di scarto ammesse. Diventa quindi più che mai necessaria la definizione di una specifica tecnica da definire al momento dell'ordine che indichi le caratteristiche metallurgiche e dimensionali richieste, eventuali controlli specifici nella fase di processo e di collaudo e la documentazione finale richiesta che può comprendere certificati metallurgici, dimensionali, di capacità di processo con la misura del C_p , piani di campionamento e di approvazione del prodotto.



APPROCCIO

- *Approccio tra progettista e chi ESEGUE il T.T.*
- *Valutazione economica
costi diretti del T.T. e costi operazioni finali (rettifica –
selezioni – scarti)*
- *Definizione specifica Tecnica*
- *Definizione dei controlli di processo e collaudi finali*



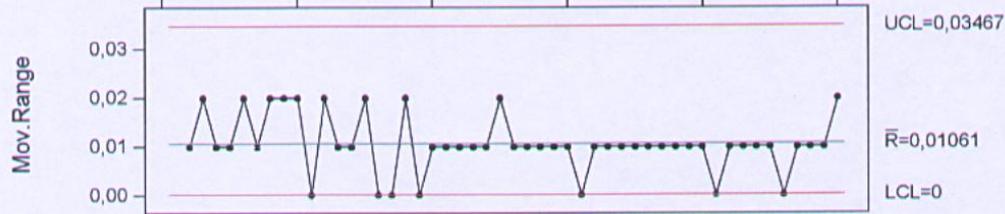
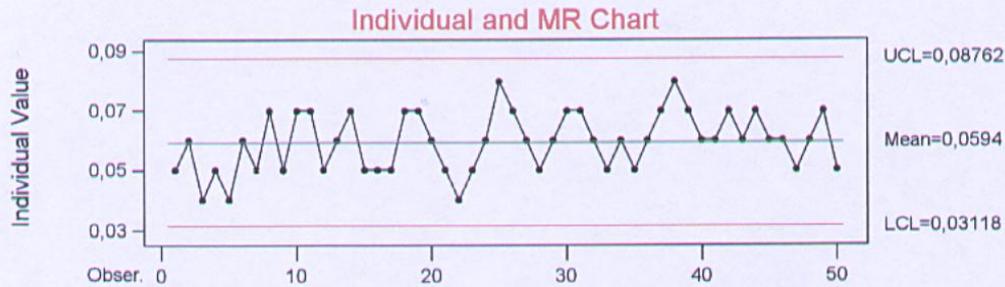
CERTIFICATO COLLAUDO FINALE

(Da definire nell'ordine)

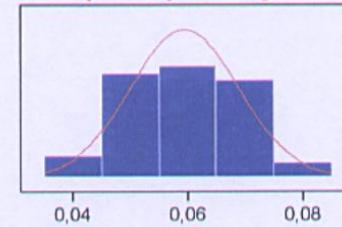
- *Documenti di valutazione capacità di processo (C_p - C_{pk})*
- *Scheda di controlli dimensionali*
- *Certificato controllo metallurgico*



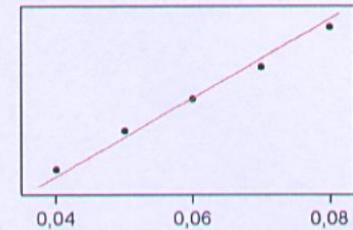
Ovality Internal Diam. (mm): HM227545



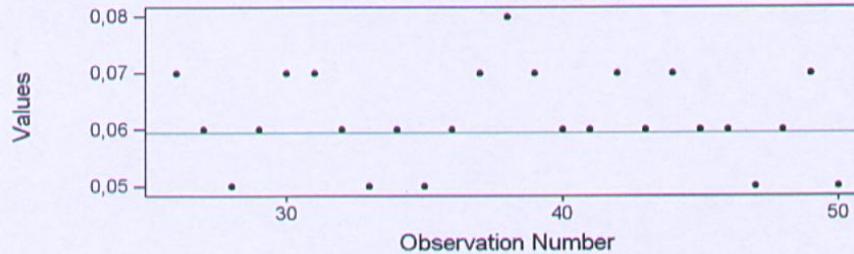
Capability Histogram



Normal Prob Plot



Last 25 Observations

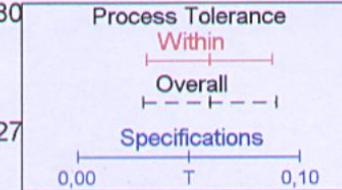


Within
StDev: 0,0094080
Cp: 1,77
Cpk: 1,44

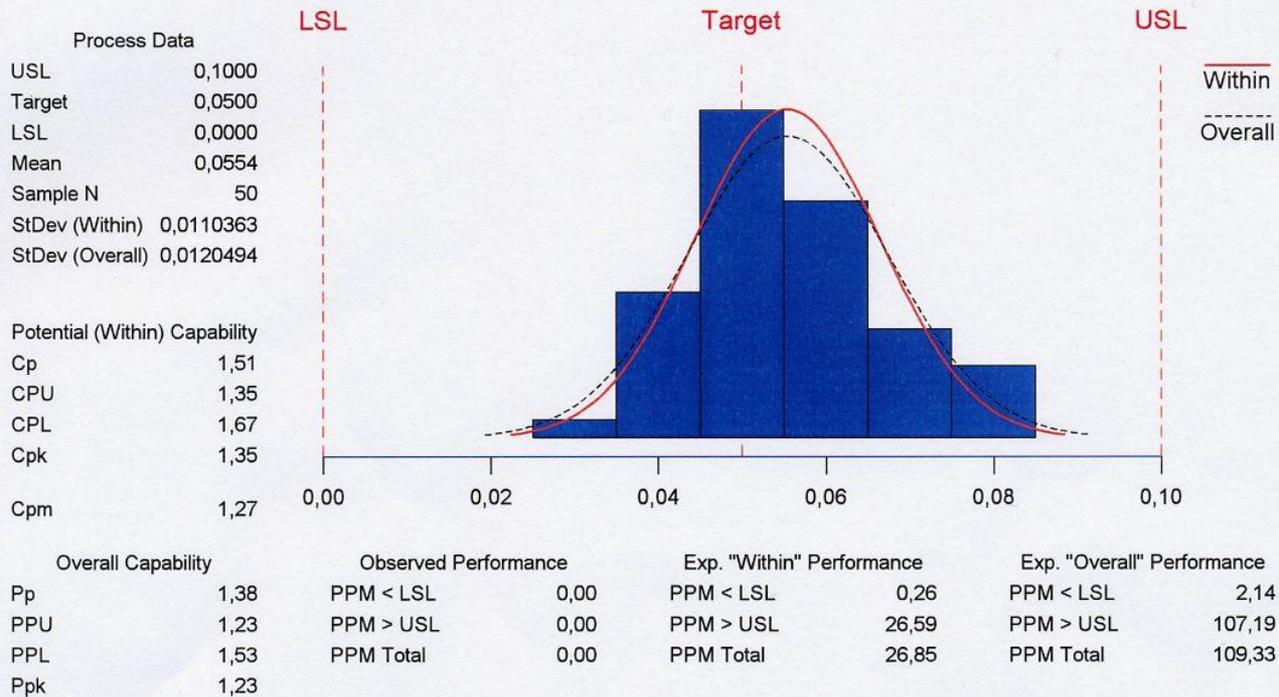
Overall
StDev: 0,0100327
Pp: 1,66
Ppk: 1,35

Cpm: 1,21

Capability Plot



Ovality External Diam. (mm): HM227545



Surface Hardness (HRC): HM227519

Process Data

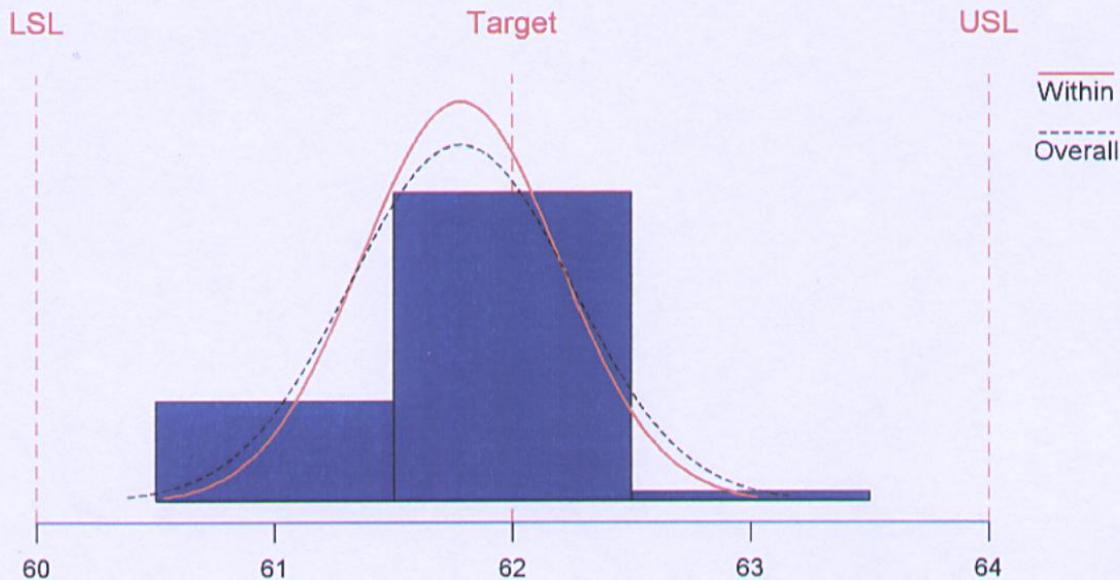
USL	64,00
Target	62,00
LSL	60,00
Mean	61,78
Sample N	50
StDev (Within)	0,416124
StDev (Overall)	0,467047

Potential (Within) Capability

Cp	1,60
CPU	1,78
CPL	1,43
Cpk	1,43
Cpm	1,29

Overall Capability

Pp	1,43
PPU	1,58
PPL	1,27
Ppk	1,27



Observed Performance

PPM < LSL	0,00
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. "Within" Performance

PPM < LSL	9,45
PPM > USL	0,05
PPM Total	9,49

Exp. "Overall" Performance

PPM < LSL	69,15
PPM > USL	1,00
PPM Total	70,15

7. Conclusioni



Il fenomeno delle deformazioni durante la cementazione e la tempra, come dimostrano diversi studi fatti ed in particolare un recente studio dell'AGMA eseguito con il metodo French, è senz'altro influenzato dal grezzo di partenza, dai trattamenti preliminari e dalle sollecitazioni residue delle lavorazioni meccaniche. La conseguenza è che la distorsione dimensionale può essere introdotta già prima del processo finale e quindi non sempre può essere prevedibile e quantificabile nell'ultima fase che già per le sue caratteristiche intrinseche di trasformazione strutturale comporta. Pertanto l'esecuzione della tempra in stampo, se non è stata preventivamente pianificata, non è detto che possa garantire i risultati richiesti o eventualmente ottenibili con un corretto approccio.

E' quindi fondamentale prevedere un confronto tra i vari attori del processo di fabbricazione del prodotto prima della stesura definitiva del ciclo di lavorazione, al fine di fissare i giusti parametri di riferimento ed i limiti di deformazione accettabili. E' altrettanto ovvio che per garantire risultati ripetitivi e qualitativamente migliori si debba adottare la tecnologia della tempra in stampo che comporta sì un aumento dei costi e dei tempi di attraversamento in fase finale di T.T. ma a vantaggio di una riduzione degli scarti e di immagine nella fase finale di utilizzo. E' altrettanto vero che il costo delle attrezzature e di eventuali automatismi per migliorare la produttività della tempra in stampo, avranno un'incidenza proporzionale, per il loro ammortamento, al numero dei pezzi per lotto produttivo e per numero complessivo e durata della produzione.

Lo stato dell'arte attuale della tempra in stampo permette quindi di ottenere dei risultati metallurgici validi grazie alla tecnologia dei forni di riscaldamento con controllo dell'atmosfera (contenimento dell'ossidazione e delle bainiti di superficie, buona ed omogenea trasformazione strutturale sia a cuore che in superficie) ed un contenimento delle deformazioni che permettono di soddisfare richieste di clienti esigenti e che rientrano nelle capacità di processo (C_p e C_{pk}) previste dalle più impegnative specifiche di riferimento del settore automotive.



CONCLUSIONE

- La somma di eventuali anomalie e/o errori nelle fasi di lavorazione si evidenziano nel T.T. finale
- Il contenimento delle deformazioni si può contenere con la Tempra in Stampo se questa viene valutata in fase di definizione del progetto.
- *Importanza della definizione tra le parti, all'atto dell'ordine, del ciclo di lavoro e delle specifiche tecniche richieste*



La Tempra in Stampo pertanto comporta:

- *riproducibilità dei risultati*
 - a) *dimensionali*
 - b) *metallurgici*
- *migliore qualità finale del prodotto*
contenimento e definizione delle deformazioni
- *Riduzione dei costi*
per selezione scarti a pezzi finiti
- *Maggiori costi di T.T. in quanto per ottenere buoni risultati è*
necessario costruire attrezzature specifiche per singolo
particolare

