



La famiglia degli acciai per lavorazioni a caldo



Gli acciai per utensili a caldo

Gli acciai per utensili a caldo sono materiali progettati per lavorare ad elevate temperature.

Questi materiali possiedono proprietà chimica e fisica, che sono sconosciute agli acciai da costruzione al solo carbonio.

Le caratteristiche necessarie per sopportare le particolari condizioni operative sono:

- resistenza all'usura a caldo;
- resistenza all'erosione;
- resistenza all'ossidazione;
- resistenza alla fatica termica o pirocriccatura;
- resistenza agli shock termici;
- resistenza al rinvenimento;
- duttilità e tenacità;
- ottima lavorabilità;
- elevata conducibilità termica;
- basso coefficiente di dilatazione.

Queste proprietà possono essere raggiunte grazie ad un'analisi chimica calibrata a cui fa seguito un processo d'elaborazione acciaio dedicato.

La resistenza all'usura a caldo, alla pirocriccatura, alla frattura fragile e all'ossidazione a caldo sono proprietà fondamentali per non portare al cedimento del componente in tempi brevi.

Questi acciai devono essere insensibili ai fenomeni d'addolcimento sotto l'effetto del riscaldamento, devono possedere "durezza al rosso".

Inoltre, gli acciai per utensili a caldo devono anche risultare il più possibile insensibili all'ingrossamento del grano, per effetto del mantenimento ad elevate temperature.

Importanza fondamentale ha anche la conducibilità termica dell'acciaio, che deve essere la più alta possibile, ed il coefficiente di dilatazione lineare, che deve essere il più basso possibile, per limitare problemi di pirocriccatura.

Non ultimo, è importante tenere sotto controllo anche i cambiamenti dimensionali, a seguito del trattamento termico che devono risultare assai

contenuti: il trattamento termico, in genere, è effettuato a fine lavorazione meccanica, perché la lavorabilità all'utensile è particolarmente agevole sul materiale allo stato ricotto, in genere con HB < 250.

L'acciaio per utensili a caldo ideale dovrebbe possedere tutte le caratteristiche citate e tutte possibilmente espresse ai massimi livelli.

I criteri con cui si valuta il rendimento di uno stampo d'acciaio per utensili a caldo, sono assai diversi rispetto a quelli adottati per altri componenti, mentre per gli organi meccanici si progetta tenendo conto di una vita infinita, per gli acciai per utensili a caldo non esiste un limite superiore di durata

Più l'utensile sarà in grado di conservare la sua forma e le sue caratteristiche, tanto più sarà apprezzato dall'utilizzatore.

Chi impiega questi materiali è particolarmente attento a queste tematiche; sia per cautelarsi nei confronti d'eventuali spiacevoli rotture premature, che per non vedere compromessa la redditività del processo produttivo.

Chi produce questi materiali deve affrontare un costante lavoro di ricerca e sviluppo dei materiali, in relazione ai processi tecnologici in cui gli stessi sono utilizzati.









Gli acciai per utensili prodotti da Lucchini RS sono stati studiati e messi a punto per ottimizzare le prestazioni dei materiali.

Il marchio identifica il prodotto Lucchini RS ed il numero che segue può richiamare la classificazione Werkstoff o altre sigle ai soli fini delle caratteristiche d'impiego.

I BeyLos®

Lucchini RS produce, secondo le tecnologie più avanzate, una gamma completa d'acciai per utensili a caldo, al Cromo, Molibdeno e Vanadio, destinati a soddisfare le più severe esigenze ed applicazioni.

Questi acciai sono chiamati BeyLos® oppure EskyLos® secondo il processo di fabbricazione. I primi sono tutti prodotti con la tecnologia VD (Vacuum Degased), mentre i secondi mediante la tecnologia combinata VD+ESR (Electro-Slag-Remelt).

Elementi	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	V
	0,38	0,35	1,00	5,20	1,30	-	0,45
							
	0,40	0,40	1,10	5,20	1,40	-	1,00
							
	0,35	0,80	0,80	3,00	2,10	-	0,80
							
	0,37	0,35	0,45	5,10	2,90	-	0,55
							
	0,49	0,85	0,75	1,85	0,35	0,60	0,20
	0,55	0,80	0,25	0,9	0,35	1,65	0,10

La caratteristica fondamentale posseduta da tali acciai è quella di conservare durezza e tenacità, anche dopo lunghe esposizioni ad alta temperatura.

Questa proprietà è ottenuta grazie all'aggiunta calibrata di tre elementi fondamentali: Cromo, Molibdeno e Vanadio, che formano carburi del tipo Mo_6C , VC e Cr_7C_3 .

Tali composti hanno due caratteristiche:

- sono molto duri;
- tendono ad aggregarsi tra loro in maniera lenta.











Per queste ragioni gli acciai della famiglia dei BeyLos® possono resistere alle elevate temperature senza penalizzare le proprietà meccaniche.

Gli acciai per utensili BeyLos® sono stati progettati per soddisfare le più diverse esigenze nel mondo dello stampaggio a caldo e dell'estrusione.

La gamma dei BeyLos® si articola a partire dal BeyLos® 2343 e dal BeyLos® 2344, rispettivamente conosciuti con le sigle H11 e H13 dalla normativa AISI. I due acciai, che differiscono essenzialmente per il solo tenore di V, sono in grado di coprire le più disparate esigenze dello stampaggio a caldo e dell'estrusione.

Tabella di confronto con le classificazioni internazionali

Gli acciai per utensili prodotti da Lucchini RS sono stati studiati e messi a punto per ottimizzare le prestazioni dei materiali. Il marchio identifica il prodotto Lucchini RS ed il numero che segue può richiamare la classificazione Werkstoff o altre sigle ai soli fini delle caratteristiche d'impiego.

	Wr. Nr.	EN ISO	AISI-SAE
	1.2343	X37CrMoV5-1	H11
			
	1.2344	X40CrMoV5-1	H13
			
	1.2365	32CrMoV12-28	AISI H10
			
	1.2367	X38CrMoV5-3	
			
	1.2329	--	--
	1.2714	55NiCrMoV7	L6

BeyLos[®] 2343 è stato appositamente progettato per impieghi nei quali la tenacità del materiale è requisito fondamentale. Questo acciaio trova una sua ideale applicazione nel mondo dello stampaggio a caldo e dell'estrusione.

BeyLos[®] 2344, grazie ad un maggior contenuto di Vanadio rispetto al BeyLos[®] 2343, è invece caratterizzato da una migliore resistenza a caldo e alla piroccatura. Queste due qualità sono particolarmente apprezzate nella pressofusione.

Accanto ai due acciai BeyLos[®] 2343, BeyLos[®] 2344, è stato sviluppato il BeyLos[®] 2365 che, grazie al 3% di Cromo e al contenuto di Molibdeno e Vanadio, possiede delle elevate proprietà meccaniche, senza penalizzare la tenacità. Altra caratteristica importante di questo materiale è l'elevata conducibilità termica.

Sulla base del BeyLos[®] 2343, è stato sviluppato il BeyLos[®] 2367. Questo acciaio, grazie all'aggiunta di Molibdeno, ha delle caratteristiche meccaniche a caldo migliori rispetto al BeyLos[®] 2343, pur conservando un'ottima tenacità. Il BeyLos[®] 2367 è

consigliato per applicazioni dove sono necessarie delle elevate caratteristiche meccaniche a caldo.

Gli acciai BeyLos[®] 2343, BeyLos[®] 2344, BeyLos[®] 2365 e BeyLos[®] 2367 sono tutti disponibili anche in versione ESR con il nome EskyLos[®].

BeyLos[®] 2329 è un acciaio che trova ampie applicazioni nel mondo dell'estrusione per la realizzazione delle camicie e dei porta stampi in genere. Grazie ad un calibrato mix tra gli elementi di lega, BeyLos[®] 2329 è una scelta molto interessante qualora si richiedano delle proprietà meccaniche di rilievo senza ricorrere ad acciai molto ricchi in lega.

BeyLos[®] 2714 è un acciaio che si presta a differenti utilizzi. Grazie alle sue interessanti proprietà meccaniche sia a temperatura ambiente che a caldo, congiuntamente ad un buona tenacità, il BeyLos[®] 2714 è impiegato nello stampaggio sia della plastica sia dell'acciaio. La gamma dei BeyLos[®], con tutte le sue possibili varianti, è in grado di coprire praticamente tutte le complesse esigenze del mondo degli acciai a caldo.

Come si fabbricano

La fabbricazione di questi acciai, per il particolare tipo d'applicazione e per le speciali proprietà chimico fisiche richieste, avviene grazie ad impianti moderni e altamente specializzati.

Tutti gli acciai della famiglia BeyLos® sono prodotti con una tecnica denominata "super clean". Questo speciale processo d'elaborazione dell'acciaio consente di ottenere dei tenori inclusionali molto bassi.

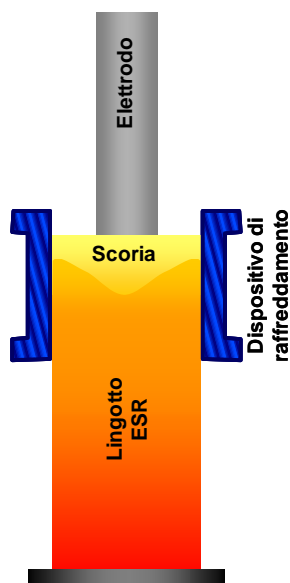
E' noto che la micro pulizia del materiale è uno dei parametri più significativi per applicazioni condizioni gravose, come quelle degli acciai a caldo.

Grazie, inoltre, al processo sotto vuoto denominato Vacuum Degased (VD), al quale sono sottoposti tutti questi acciai, si ottengono bassissimi valori di gas, quali Idrogeno, Azoto ed Ossigeno.

Questi elementi possono dare luogo ad inclusioni e soffiature, che penalizzano notevolmente le performance del materiale.



Gli acciai BeyLos® 2343, BeyLos® 2344, BeyLos® 2365 e BeyLos® 2367 sono tutti disponibili anche in versione ESR con il nome EskyLos®.



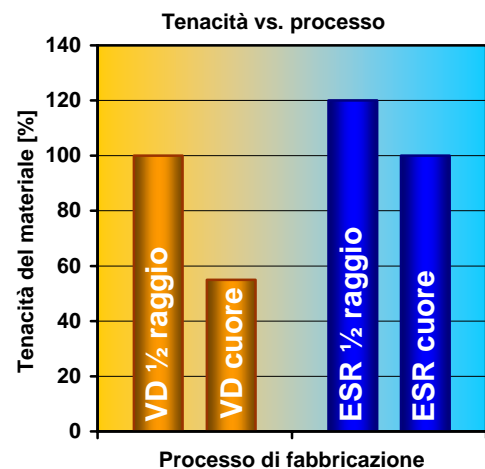
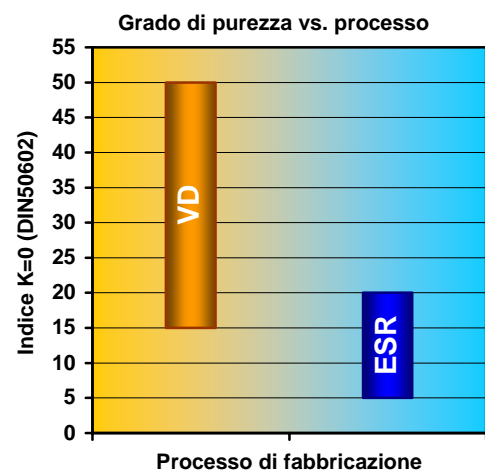
La tecnologia di fabbricazione dell'acciaio secondo il processo ESR (Electo-Slag-Remelt) offre i seguenti vantaggi:

- incremento della tenacità del materiale;
- elevato grado di micropulizia;
- totale isotropia del materiale;
- bassissimo livello segregativi.

Il processo ESR consiste nella rifusione di un lingotto, ottenuto secondo un processo 'tradizionale' tipo VD (Vacuum degasing), attraverso una particolare lingottiera di rame che contiene scoria di tipo basico.

Il lingotto è rifuso in modo che il metallo allo stato liquido passi attraverso la scoria che agisce come un 'filtro' intrappolando le inclusioni indesiderate.

Il processo di solidificazione nella lingottiera avviene secondo una velocità maggiore rispetto ai processi tradizionali. Il risultato è un acciaio omogeneo e dal comportamento isotropo.



Il trattamento termico

Prima di essere messi in esercizio, tutti gli acciai della famiglia dei BeyLos® devono essere sottoposti ad un trattamento termico di qualità, che consiste in una fase d'austenitizzazione cui fanno seguito almeno due rinvenimenti. Si suggeriscono tre rinvenimenti, di cui l'ultimo utilizzato come distensione del pezzo.

Si raccomanda di prestare la massima attenzione alle prescrizioni suggerite dal produttore dell'acciaio. Un trattamento termico non corretto: surriscaldi locali, fenomeni di sotto tempra, permanenze inadeguate possono compromettere sensibilmente la vita dell'utensile.

Austenitizzazione

Si consiglia di eseguire il trattamento termico partendo da un pezzo trattato allo stato ricotto e di rinvenire il materiale immediatamente dopo tempra.

Si suggerisce di raggiungere la temperatura d'austenitizzazione impostando tre cicli di preriscaldamento del materiale come indicato in tabella. Per il BeyLos® 2714 e il BeyLos® 2329 si può ricorrere ad un solo preriscaldamento.

Il primo preriscaldamento a 400 °C è consigliabile per eliminare le tensioni accumulate a seguito delle lavorazioni meccaniche. I successivi preriscaldi a 600 °C e 800 °C sono necessari per omogeneizzare le temperature del pezzo. Si raccomandano velocità di salita di 150 °C/h. Le permanenze nelle varie fasi di preriscaldamento si calcolano in funzione dello spessore del pezzo e variano secondo la temperatura, come indicato in tabella. In alternativa, le permanenze possono essere impostate in funzione della differenza di temperatura tra cuore (Tc) e superficie (Ts) del pezzo, misurata attraverso due termocoppie. Dopo il terzo preriscaldamento ad 800 °C si consiglia di raggiungere la temperatura di austenitizzazione il più velocemente possibile, e di mantenere tale valore per 30 minuti da quando si verifica la condizione $(T_s - T_c) < 15$ °C oppure applicando la seguente formula empirica:

$$t = (x + 39)/2$$

ove:

t = tempo di permanenza [min]

x = spessore [mm]

Rinvenimenti

Si raccomanda di impostare, salvo diverse indicazioni, la temperatura del primo rinvenimento in prossimità della durezza secondaria pari a 580 °C. La temperatura del secondo rinvenimento sarà scelta in funzione della proprietà meccaniche da conseguire e in ogni caso dovrà essere superiore alla temperatura del primo rinvenimento.

Un terzo rinvenimento può essere utile come distensione del pezzo ad una temperatura di 30 - 50 °C al di sotto della massima temperatura impostata in precedenza. Non sono consigliati rinvenimenti a temperature comprese tra i 400 e i 550 °C perché riducono la tenacità del materiale. Rinvenimenti a temperature inferiori ai 200 °C non sono raccomandati.

Per BeyLos® 2714 e BeyLos® 2329 è necessario un solo rinvenimento.

Le permanenze per il primo e secondo rinvenimento sono calcolate applicando la seguente formula empirica:

$$t' = t'' = 0,8 x + 120$$

ove:

t' = t'' = tempo di permanenza [min]

x = spessore [mm]

Per il terzo rinvenimento si può applicare la seguente regola:

$$t''' = 0,8 x + 180$$

ove:

t''' = tempo di permanenza [min]

x = spessore [mm]

Durante la fase di tempra si superano i punti di trasformazione di fase. Questo comporta inevitabilmente una variazione di volume del materiale.

Si raccomanda, per tale ragione, di trattare il pezzo lasciando un sovrametallo per recuperare le variazioni dimensionali indotte dal trattamento termico.

E' opportuno inoltre che tutti gli spigoli siano raccordati.









Comparazione qualitativa tra le principali proprietà degli acciai per utensili a caldo



Proprietà	Resistenza a caldo	Tenacità a caldo	Tenacità a freddo	Resistenza all'usura termica	Conducibilità termica
BEYLOS[®] 2343					
ESKYLOS[®] 2343					
BEYLOS[®] 2344					
ESKYLOS[®] 2344					
BEYLOS[®] 2365					
ESKYLOS[®] 2365					
BEYLOS[®] 2367					
ESKYLOS[®] 2367					
BEYLOS[®] 2714					

Temperature consigliate per i trattamenti termici

Trattamento termico	Distensione	Ricottura di addolcimento
	<p><u>Temperatura:</u> 650 °C oppure 50 °C al di sotto dell'ultimo rinvenimento</p> <p><u>Salita:</u> massimo 100°C/h</p> <p><u>Permanenza:</u> minimo 120 minuti da quando si stabilizza la temperatura nel forno</p> <p><u>Raffreddamento:</u> lento in forno.</p>	<p><u>Temperatura:</u> 850 °C</p> <p><u>Salita:</u> massimo 50 °C/h</p> <p><u>Permanenza:</u> minimo 120 minuti da quando si stabilizza la temperatura nel forno</p> <p><u>Raffreddamento:</u> lento in forno massimo</p>
		
		
		
		
		
		
		
	<p><u>Temperatura:</u> 550 °C oppure 50 °C al di sotto dell'ultimo rinvenimento.</p> <p><u>Permanenza:</u> 60 minuti ogni 25 mm di spessore</p> <p><u>Raffreddamento:</u> lento in forno.</p>	<p><u>Temperatura:</u> 700 °C</p> <p><u>Permanenza:</u> 60 minuti ogni 25 mm di spessore</p> <p><u>Raffreddamento:</u> lento in forno.</p>
		

Temperature consigliate per il trattamento termico in qualità

Trattamento termico	Pre-riscaldamento	Austenitizzazione	I rinvenimento	II e III rinvenimento	
	<p>I pre-riscaldamento: 400 °C Salita: Max 150 °C/h Permanenza: 60 min ogni 25 mm tdi spessore oppure quando (Ts-Tc) < 90 °C</p> <p>Il pre-riscaldamento: 600 °C Salita: Max 150 °C/h Permanenza: 45 min ogni 25 mm di spessore oppure quando (Ts-Tc) < 90 °C</p> <p>III pre-riscaldamento: 800 °C Salita: Max 150 °C/h Permanenza: 45 min ogni 25 mm di spessore oppure quando (Ts-Tc) < 90 °C</p>	<p>Austenitizzazione: 980 °C Salita: > 150 °C/h Permanenza: 30 min da quando (Ts-Tc) < 15 °C oppure $t = (x + 39)/2$ Raffreddamento: aria, sottovuoto, bagno di sali, olio.</p>	<p>Temperatura: 580 °C. Permanenza: secondo la formula empirica</p> $t'' = 0,8 x + 120$ <p>Raffreddamento: in aria calma.</p>	<p><u>Il rinvenimento</u> La temperatura consigliata è in funzione delle caratteristiche meccaniche desiderate, in ogni caso dovrà essere superiore alla temperatura del I rinvenimento. Permanenza: secondo la formula empirica</p> $t'' = 0,8 x + 120$ <p><u>Raffreddamento:</u> in aria calma.</p> <p><u>III rinvenimento</u> Un terzo rinvenimento può essere utile come distensione del pezzo ad una temperatura di 30 - 50 °C al di sotto della massima temperatura impostata in precedenza. Permanenza: secondo la formula empirica</p> $t''' = 0,8 x + 180$ <p><u>Raffreddamento:</u> Discesa lenta in forno fino a 250 °C, quindi aria calma.</p>	
		<p>Austenitizzazione: 1020 °C Salita: > 150 °C/h Permanenza: 30 min da quando (Ts-Tc) < 15 °C oppure $t = (x + 39)/2$ Raffreddamento: aria, sottovuoto, bagno di sali, olio</p>			<p>$t' = 0,8 x + 120$</p> <p>Raffreddamento: in aria calma</p>
		<p>Austenitizzazione: 1040 °C Salita: > 150 °C/h Permanenza: 30 min da quando (Ts-Tc) < 15 °C oppure $t = (x + 39)/2$ Raffreddamento: aria, sottovuoto, bagno di sali, olio.</p>			
		<p>Austenitizzazione: 1050 °C Salita: > 150 °C/h Permanenza: 30 min da quando (Ts-Tc) < 15 °C oppure $t = (x + 39)/2$ Raffreddamento: aria, sottovuoto, bagno di sali, olio.</p>			
					
					
					
					

Trattamento termico	Austenitizzazione	I rinvenimento	II e III rinvenimento
	<p>I preriscaldamento: 550 °C. Permanenza: 60 min x ogni 25 mm di spessore Austenitizzazione: 870 °C Permanenza: 60 min x ogni 25 mm di spessore Raffreddamento: aria, olio</p>	<p>Temperatura consigliata in funzione delle caratteristiche meccaniche.</p>	<p>Per questo acciaio può essere sufficiente un solo rinvenimento. Un secondo rinvenimento può essere utile come distensione del pezzo ad una temperatura di 30 - 50 °C al di sotto della massima temperatura impostata in precedenza.</p>
	<p>I preriscaldamento: 550 °C. Permanenza: 60 min x ogni 25 mm di spessore Austenitizzazione: 850 °C Permanenza: 60 min x ogni 25 mm di spessore Raffreddamento: aria, olio</p>		

Proprietà meccaniche in funzione della temperatura di rinvenimento

Temperatura di rinvenimento	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C	625 °C	650 °C	675 °C
BEYLOS[®] 2343	53	55	54	47	42	35	28
ESKYLOS[®] 2343							
BEYLOS[®] 2344	54	56	54	50	46	41	33
ESKYLOS[®] 2344							
BEYLOS[®] 2365	49	50	52	51	50	44	38
ESKYLOS[®] 2365							
BEYLOS[®] 2367	53	56	54	51	49	45	38
ESKYLOS[®] 2367							
BEYLOS[®] 2329	53	49	46	40	37	31	--
BEYLOS[®] 2714	48	46	43	39	38	33	--

Valori medi di durezza in HRc ottenuti dopo tempra in olio ed austenizzazione alle temperature suggerite.

I valori di durezza in rosso sono ottenuti con rinvenimenti a temperature non consigliate.

Proprietà meccaniche a caldo

	Carico di rottura a caldo in N/mm ² con durezza 44HRc				
	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
BEYLOS[®] 2343	1.150	950	800	670	480
ESKYLOS[®] 2343					
BEYLOS[®] 2344	1.170	980	820	710	500
ESKYLOS[®] 2344					
BEYLOS[®] 2365	1.200	1.020	880	740	530
ESKYLOS[®] 2365					
BEYLOS[®] 2367	1.240	1.060	920	760	560
ESKYLOS[®] 2367					
BEYLOS[®] 2329	1.080	900	780	440	--
BEYLOS[®] 2714	1.150	950	850	550	--

Carico di snervamento a caldo in N/mm ² con durezza 44HRc	400 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C
BEYLOS[®] 2343	900	750	610	470	300
ESKYLOS[®] 2343					
BEYLOS[®] 2344	920	780	640	500	320
ESKYLOS[®] 2344					
BEYLOS[®] 2365	1.000	830	690	520	350
ESKYLOS[®] 2365					
BEYLOS[®] 2367	1.020	850	715	520	370
ESKYLOS[®] 2367					
BEYLOS[®] 2329	850	680	530	270	--
BEYLOS[®] 2714	950	750	650	350	--

Proprietà Fisiche

Proprietà fisiche	Modulo elastico [kN/mm ²]			Coefficiente di espansione termica da 20 °C [10 ⁻⁶ /K]			Conducibilità termica [W/mK]		
	20°C	400°C	600°C	20°C	400°C	600°C	20°C	400°C	600°C
BEYLOS[®] 2343 ESKYLOS[®] 2343	210	183	168	--	11,8	12,4	24,4	27,1	28,5
BEYLOS[®] 2344 ESKYLOS[®] 2344	210	179	165	--	11,9	13,0	26,0	29,1	32,0
BEYLOS[®] 2365 ESKYLOS[®] 2365	210	174	160	--	12,2	13,2	28,0	32,4	34,2
BEYLOS[®] 2367 ESKYLOS[®] 2367	210	175	166	--	12,1	12,9	25,8	27,2	31,4
BEYLOS[®] 2329	210	186	179	--	13,2	14,5	27,0	29,1	32,4
BEYLOS[®] 2714	210	185	178	--	13,3	14,2	25,5	25,0	24,6

Nitrurazione

La nitrurazione ha lo scopo di incrementare la resistenza all'usura e all'abrasione del materiale. Tale trattamento risulta molto vantaggioso nel caso di impieghi estremamente gravosi allungando la durata del componente.

Si consiglia di nitrurare il pezzo allo stato temprato e rinvenuto.

La temperatura di rinvenimento dovrà essere superiore di almeno 50 °C della temperatura cui è nitrurato il pezzo.

I moderni processi di nitrurazione sono in grado di assicurare una costanza dimensionale del pezzo. Si raccomanda di trattare pezzi allo stato finito.

Saldatura

Gli acciai della famiglia dei BeyLos[®] possono essere saldati con buoni risultati osservando le modalità operative suggerite. Trattandosi d'acciai con un tenore di carbonio equivalente elevato, sono molto sensibili alla formazione di cricche. Si raccomanda di seguire attentamente le operazioni di preriscaldamento e trattamento termico dopo saldatura.

Stato del materiale	Ricotto	
Tecnica di saldatura	TIG	MMA
Preriscaldamento a	330÷380 °C 250÷300 °C (*)	
Trattamento termico raccomandato	Riscaldare il pezzo a 850°C / 700°C (*), raffreddare in forno fino a 600°C ad una velocità di 20°C/h e quindi lasciare in aria calma	
Stato del materiale	Temprato e rinvenuto	
Tecnica di saldatura	TIG	MMA
Preriscaldamento a	330÷380 °C 250÷300 °C (*)	
Trattamento termico raccomandato	Distendere il pezzo a 50 °C al di sotto dell'ultimo rinvenimento	

(*) Per BeyLos[®] 2329 e BeyLos[®] 2714.

Per maggiori informazioni si veda la relativa brochure

Elettroerosione (EDM)

Gli acciai della famiglia BeyLos[®] possono essere lavorati con la tecnica della elettroerosione per ottenere figure complesse. Dopo l'elettroerosione si consiglia un trattamento termico di distensione.



Via G. Paglia, 45

24065 Lovere (BG) - ITALY

Tel. + 39 035 963492

Fax + 39 035 963551

Web <http://www.LucchiniRS.it>

E-mail toolsteels@LucchiniRS.it