

Lavorazione degli stampi: acciai per alte prestazioni nella tecnica di tranciatura

A. Rivolta

Nella tecnica di tranciatura, così come nelle altre lavorazioni di formatura a freddo le sollecitazioni semplici e composite possono danneggiare gli stampi dopo un periodo di lavoro molto breve. Per assicurare un elevato rendimento in questi tipi di lavorazioni sono stati messi appunto due acciai molto ricchi di carburi e con strutture molto fini, ottenuti rispettivamente con la metallurgia secondaria e con la metallurgia delle polveri.

Nella tecnica di tranciatura, così come nelle altre lavorazioni di formatura a freddo, quali l'imbutitura, l'estrusione, la piegatura, la coniatatura, la trafilatura, ecc., le sollecitazioni semplici e composite possono danneggiare gli stampi dopo un periodo di lavoro molto breve. Le cause più frequenti del decadimento prematuro di uno stampo sono:

- l'usura
- la scheggiatura del tagliente
- il tagliente di riporto (incollatura)
- la deformazione plastica.

Questi fenomeni sono da attribuire in primo luogo ad una sollecitazione eccessiva dello stampo, in particolare del punzone e della matrice. Si verifica un'usura adesiva e tendenza alle incollature se il materiale da lavorare possiede una bassa durezza, come il rame e l'alluminio. Con durezza elevate del materiale da tranciare, ad esempio l'acciaio bonificato, prevale un'usura abrasiva. Nel campo di transazione si verificano entrambi i tipi (usura mista).

Questi tipi di usura si possono verificare indipendentemente dallo spessore del materiale da tranciare. Le condizioni necessarie per favorire un'elevata resistenza all'usura degli elementi trancianti sono da ricercare in una elevata durezza dello stampo, nel basso attrito tra utensile e materiale da lavorare ed in una elevata stabilità di forma.

Le scheggiature del tagliente si verificano, invece, a causa di una elevata alternanza delle sollecitazioni nello stampo che portano, conseguentemente, ad una rovinosa rottura dello stesso a causa dell'affaticamento del materiale. L'inconveniente viene ostacolato mediante un'elevata resistenza alla compressione ed una durezza sufficientemente alta.

Il tagliente di riporto si verifica quando si lavorano materiali molto teneri. Sull'utensile si depositano strati e frammenti del materiale da tagliare, alterando così la stabilità dello spigolo tagliente. Un basso coefficiente d'attrito ed una scelta ottimale dell'utensile ritardano la formazione del tagliente di riporto (incollature).

Gli spigoli taglienti vengono deformati plasticamente mediante sovraccarichi. Un'elevata durezza e resistenza alla compressione sono una premessa importante alla stabilità dello spigolo tagliente.

Per rispondere alle esigenze sin qui descritte, nella tecnica di tranciatura vengono tradizionalmente impiegati acciai molto ricchi di carburi, in virtù della loro composizione chimica.

Dal diagramma riportato in figura 1 si rileva, infatti, che la resistenza all'usura abrasiva è direttamente proporzionale al tenore dei carburi, espresso in %, contenuto nell'acciaio allo stato temprato.

La durezza d'impiego dell'acciaio prescelto è determinante per garantire il buon funzionamento dello stampo e, quindi, il suo rendimento.

Nel diagramma in figura 2 è riportata la curva dei valori di durezza d'impiego in funzione dello spessore della lamiera

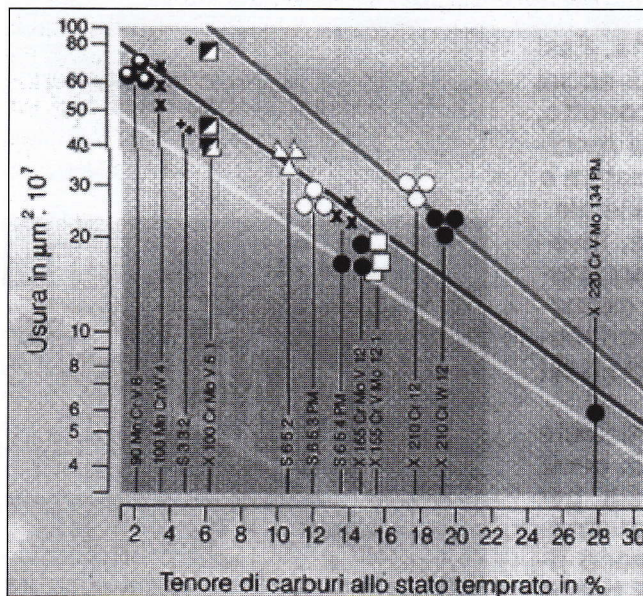


Fig. 1

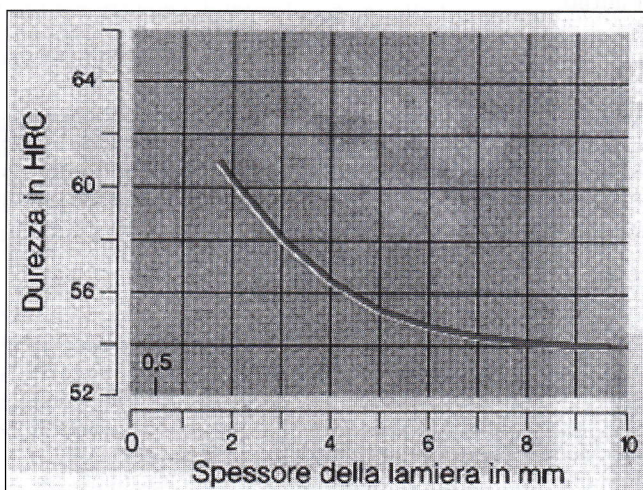


Fig. 2

A. Rivolta,

Böhler, divisione della Böhler Uddeholm Italia Spa

Memoria presentata alla Giornata di Studio "Gli stampi: dal materiale all'impiego",
Treviso 23 aprile 1999

MEMORIE

0002/3

Fig. 3

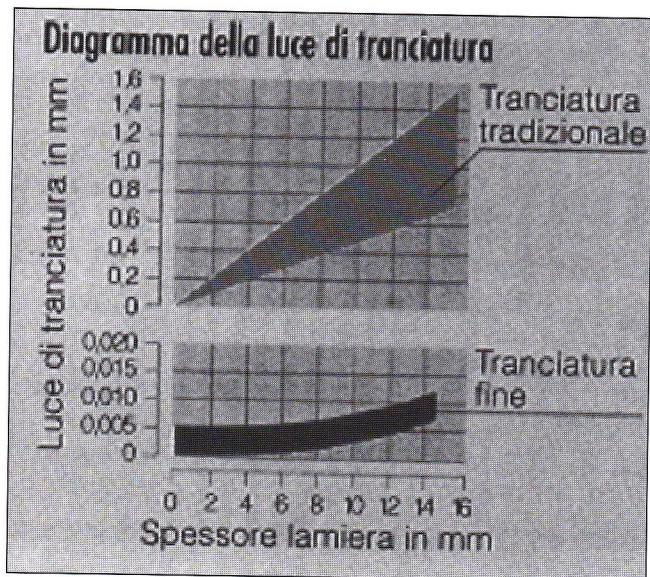
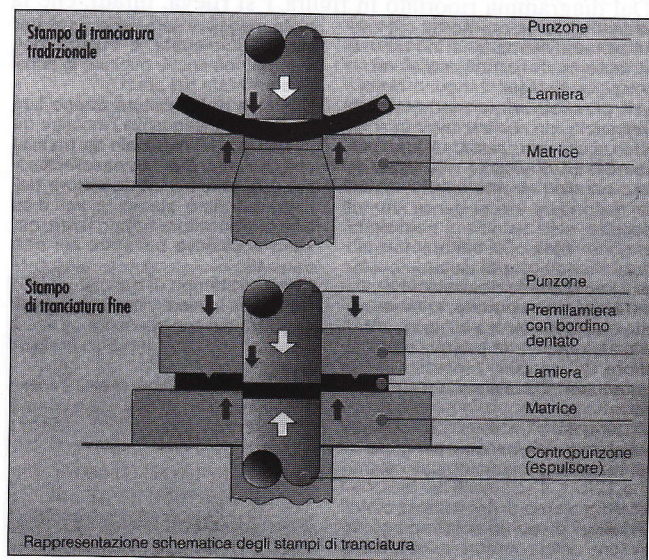


Fig. 4



da tranciare. L'esperienza insegna che nella tranciatura di lamiera di grosso spessore è molto importante la tenacità dell'acciaio che può essere ottenuta anche diminuendo la sua durezza.

Il rendimento dello stampo e la precisione dei pezzi tagliati, sono significativamente influenzati dalla scelta della luce di tranciatura, ossia della distanza tra lo spigolo del tagliente del punzone e quello della matrice.

La luce di tranciatura, vedere figura 3, è necessaria per impedire una ricalcatura del pezzo tranciato e per minimizzare l'attrito.

Più è piccola la luce di tranciatura, tanto maggiore sarà l'energia di tranciatura impiegata e l'usura dello stampo, ma anche migliore la superficie tranciata dei pezzi.

Una luce di tranciatura troppo larga ha come conseguenza l'incastro nello stampo del materiale da tranciare che, a causa della sovrassollecitazione, può determinare la rottura della matrice. Inoltre, stampi usurati o con luce di tranciatura troppo larga, causano eccessive bavature sui pezzi tranciati. Con uno stampo di tranciatura tradizionale, la lamiera viene tranciata per ca. 1/3 del suo spessore ed il resto viene strapato, formando la bavatura.

Nella tranciatura fine, invece, tutto lo spessore della lamiera viene completamente tranciato. I pezzi così ottenuti, presentano una superficie tranciata perfettamente normale a quella d'appoggio nonché caratteristiche di elevata planarità e precisione tali da non dover richiedere ulteriori ripassature.

Rispetto agli stampi di tranciatura tradizionale, quelli per la

tranciatura fine si caratterizzano da quattro componenti importanti per la loro funzione: la matrice ed il contropunzone nella parte inferiore dello stampo, il punzone ed il premilamiera con bordino dentato, nella parte superiore (figura 4). Essi richiedono presse particolarmente stabili e precise, poiché le forze di tranciatura sono elevate a causa della ridotta luce di tranciatura.

Per poter efficacemente contrastare tutte le cause che possono dare origine ad un possibile decadimento dello stampo e per poter garantire alti rendimenti in produzione, occorre scegliere acciai per stampi, contraddistinti da significative caratteristiche in termini di:

- elevata durezza
- elevata tenacità
- elevata resistenza alla compressione
- elevata resistenza all'usura.

Inoltre, il costruttore di stampi deve poter trovare in questi acciai altre caratteristiche non meno importanti, quali la:

- buona lavorabilità
- buona elettroerodibilità
- bassa variazione dimensionale nel trattamento termico
- sicurezza nel trattamento termico.

La BÖHLER nei suoi prodotti ha prestato la massima attenzione a questi requisiti e tutte queste caratteristiche sono garantite dagli acciai rapidi e per lavorazioni a freddo ISO-DUR ed ISOMATRIX.

Questi acciai, molto ricchi di carburi e con strutture molto fini, vengono ottenuti rispettivamente con la metallurgia secondaria o con la metallurgia delle polveri. Essi rappresentano quel gruppo di acciai che, se impiegati in modo corretto, possono assicurare i massimi rendimenti nelle lavorazioni di tranciatura e nella formatura a freddo, in generale.

L'ACCIAIO BÖHLER K 340 ISODUR

Sino ad oggi, nella tecnica di tranciatura, gli acciai ledeburitici hanno trovato largo impiego per le loro caratteristiche di resistenza all'usura e di alta tenuta del filo tagliente.

Per contro la caratteristica di elevata tenacità che non si concilia con l'elevato tenore dei carburi e degli elementi di lega disciolti nella matrice, è stata la caratteristica prioritaria degli acciai convenzionali mediamente legati con tenori di cromo compresi tra il 5% e l'8%.

Inoltre l'alto rischio di rottura nella lavorazione con elettroerosione dei grossi stampi eseguiti con acciai ledeburitici al 13% di cromo, dovute ad una grossolana struttura dei carburi, richiede l'impiego di acciai con una configurazione dei carburi la più omogenea possibile tra quelle ottenibili con i processi metallurgici convenzionali.

Sulla base di queste esigenze, è stato messo a punto l'acciaio K 340 ISODUR (Tab 1) che possiede caratteristiche superiori a quelle degli acciai ledeburitici convenzionali ed appena inferiori a quelle degli acciai prodotti con la metallurgia delle polveri.

Il risultato è un materiale contraddistinto da una efficace combinazione tra le caratteristiche di tenacità, resistenza alla compressione e resistenza all'usura, il cui principale campo d'impiego è da ricercare nella tecnica di formatura a freddo. Accanto alla buona tenacità, all'elevata resistenza alla compressione ed alla buona erodibilità di quest'acciaio, è da evidenziare soprattutto la caratteristica di elevata rinvenibilità che consente il mantenimento dei valori di durezza di rinve-

c	Cr	Mo	V	Si	Mn	Altri
1,10	8,30	2,10	0,50	0,90	0,40	+Al e Nb

Tab. 1 - Composizione dell'acciaio K340 ISODUR.

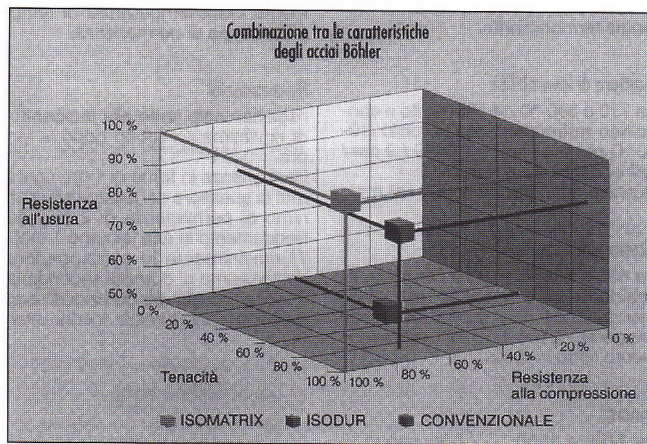


Fig. 5

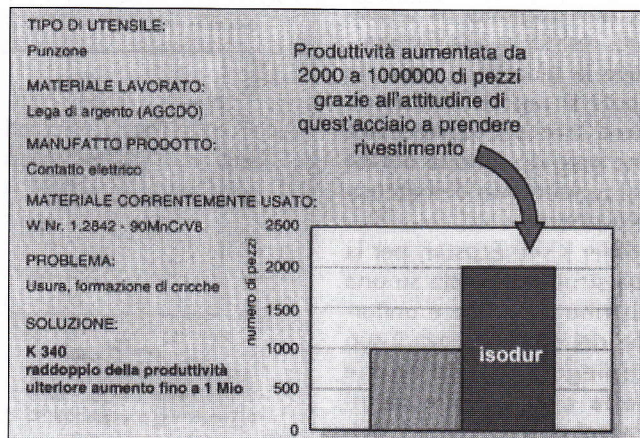


Fig. 8

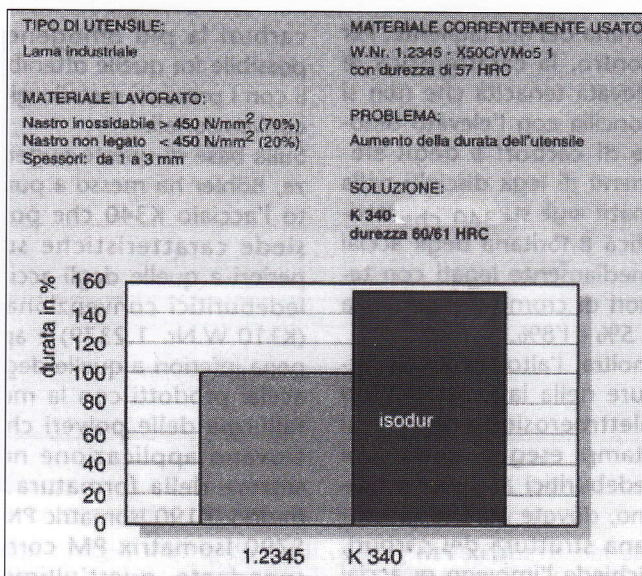


Fig. 6

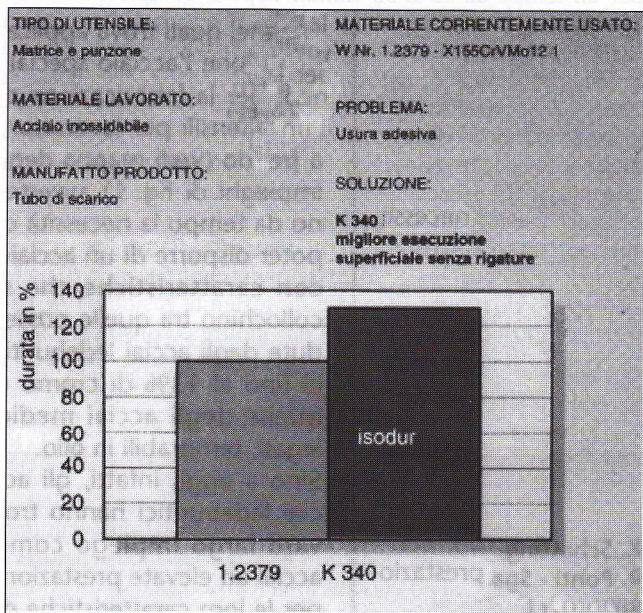


Fig. 7

nimento anche quando si effettua il trattamento di rivestimento superficiale.

La produttività dei diversi utensili costruiti con l'acciaio K340, che trovano applicazione nella tecnica della punzonatura, taglio e troncatura nonché in quella della deformazione plastica come l'estrusione a freddo, la filettatura e la calibratura è decisamente superiore a quella ottenuta dagli stessi utensili costruiti con gli acciai convenzionali, come è rileva-

bile dagli esempi contenuti nelle figure 6, 7 e 8.

Questo nuovo acciaio da utensili a freddo si colloca come materiale all'avanguardia per la fabbricazione di punzoni ed utensili da taglio per la lavorazione senza problemi di lamiere sino a 16 mm di spessore.

Infatti, se da una parte le lamiere con spessori sottili richiedono per la loro lavorazione utensili costruiti con acciai aventi elevate caratteristiche di resistenza alla compressione, tipica degli acciai ledeburitici a freddo dall'altra, mano a mano che aumenta lo spessore della lamiera si rende necessario il passaggio ad acciai medio legati che presentano caratteristiche di elevata tenacità.

Oggi il nuovo acciaio BÖHLER K340, racchiudendo in sé le caratteristiche sia degli acciai medio legati che di quelli ledeburitici, risolve i problemi di scelta dell'acciaio, sino a ieri legata ad una specificità applicativa, assicura un incremento di produttività, elimina i rischi di cricche al trattamento termico causati da possibili errori durante la lavorazione con elettroerosione e consente un ottimale trattamento di rivestimento delle superfici.

Per un corretto impiego dell'acciaio K340 ISODUR sono da osservare le seguenti raccomandazioni nella costruzione dell'utensile, a partire dalla progettazione per finire con il trattamento termico.

Progettazione

Per salvaguardarsi da possibili danni conseguenti a fessurazioni o fratture che potrebbero verificarsi durante la costruzione o l'esercizio dell'utensile, il progettista dovrà evitare brusche variazioni di sezione cercando altresì di ottenere una distribuzione ottimale delle masse mediante alleggerimenti e fori supplementari.

Costruzione

Concettualmente la lavorazione - specie quella eseguita con forte asportazione di truciolo - porta alla formazione di tensioni interne al materiale che, al successivo trattamento termico, si traducono in una più accentuata variazione dimensionale. Si consiglia pertanto un trattamento di distensione per eliminare le tensioni residue generatesi dalla lavorazione. Le lavorazioni mediante taglio alla sega, possono essere eseguite senza problemi in base alle istruzioni dei costruttori delle segatrici. Il comportamento al taglio del K340 è simile a quello dell'acciaio W Nr. 1.2379/AISI D2 (marca BÖHLER K110) e di regola viene fornito allo stato ricotto con una durezza massima di 235 HB.

Anche la rettificabilità del nuovo acciaio K340 non presenta differenze rispetto al noto K110 e comunque sono disponibili eventuali indicazioni sulle mole e sul tipo di abrasivo più idonei a questo tipo di acciaio.

Nella costruzione degli utensili per la tranciatura fine che devono produrre componenti in lamiera privi di difetti, bave e senza richiedere ulteriore lavorazione meccanica, si deve

porre attenzione a osservare e mantenere strette tolleranze tra punzone e matrice, a realizzare utensili con una elevata tenuta del tagliente, evitando dannosi inconvenienti dovuti ad incollamento tra utensile di lavoro e utensile di supporto. Se il materiale da lavorare possiede una bassa durezza, ad esempio il rame oppure l'alluminio, si verifica una usura adesiva e tendenza alle incollature, mentre prevale un'usura abrasiva se il materiale da lavorare possiede una elevata durezza, ad esempio l'acciaio.

Le scheggiature del tagliente sono causate dall'elevata alternanza delle sollecitazioni che porta l'utensile alla completa rottura per affaticamento.

Di conseguenza, la proprietà più importante dell'acciaio con cui è eseguito l'utensile è l'elevata resistenza all'usura, non disgiunta da un'elevata resistenza alla frattura - ossia la tenacità - senza la quale si potrebbero verificare microscheggiature che pregiudicano la durata ed il rendimento dell'utensile prodotto.

Il K340 ISODUR per la sua struttura basata su una distribuzione fine e uniforme dei carburi, trova il suo impiego ottimale anche nella costruzione degli stampi di tranciatura e delle matrici di estrusione a freddo, per le quali la migliore esecuzione superficiale evita la formazione di indesiderate rigature sulla superficie del prodotto estruso.

Elettroerosione e trattamenti superficiali

La lavorazione per elettroerosione, pur essendo al passo con le moderne tecnologie di fabbricazione, può essere la causa di guasti degli utensili dovuti ad un non corretto impiego di questo procedimento, ad esempio: inadeguati parametri del taglio elettroerosivo oppure l'inquinamento del dielettrico. La conseguenza è riscontrabile nella formazione di uno strato estremamente fragile sulle superfici elettroerose che porta alla formazione di cricche e alla enorme riduzione della durata dell'utensile costruito. All'eliminazione delle tensioni che si generano, quindi, sulla superficie dei pezzi elettroerosi si deve provvedere mediante il trattamento termico (rinvenimento di distensione).

Per aumentare la produttività degli utensili di tranciatura si impiegano, al giorno d'oggi, diversi processi di rivestimento che consistono nella deposizione sulla superficie da rivestire di particelle solide di nitrucci o carburi con microdurezze comprese tra 2000 e 3000 HV. In tal modo si ottiene la riduzione dell'usura e dell'attitudine all'incollamento tra l'utensile ed il materiale lavorato.

La bassa aderenza o il distacco degli strati ottenuti con il rivestimento PVD (Physical Vapour Deposition) è da attribuire prevalentemente ad una inadeguata preparazione della superficie o a una difettosa esecuzione del procedimento.

Tra i trattamenti delle superfici devono essere considerati anche la nitrurazione ionica e la carbonitrurazione che, mediante un trattamento termochimico di diffusione, arricchiscono rispettivamente la superficie con azoto e con combinazione di azoto e carbonio. Anche qui la qualità del trattamento è dipendente dal grado di preparazione della superficie e dai parametri di rugosità adottati.

Le durezze di lavoro ottimali dell'acciaio K340 ISODUR vengono garantite dalla sua elevata attitudine al rinvenimento.

Senza questa prerogativa dell'acciaio, dopo aver eseguito il processo superficiale, si può verificare una caduta della durezza.

Trattamento termico

Per poter conferire all'acciaio quelle caratteristiche in grado di soddisfare le esigenze d'impiego dell'utensile costruito, si provvede ad eseguire il trattamento termico finale (vedi figura 9), i parametri del quale, per questo tipo d'acciaio, sono riportati qui di seguito:

Temperatura di tempra: da 1040 a 1080 °C, impiegando qua-

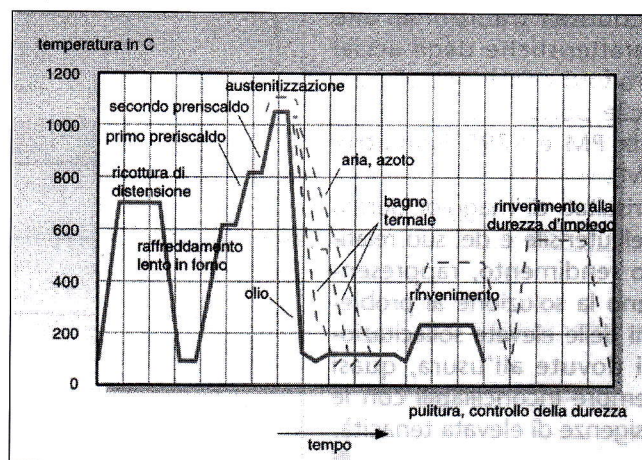


Fig. 9

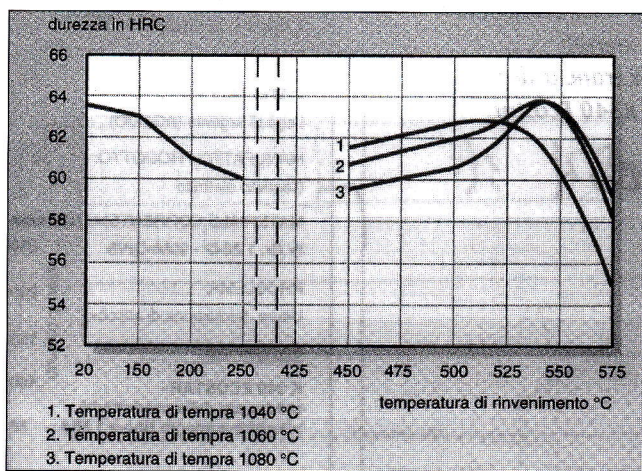


Fig. 10

le mezzo refrigerante l'olio, il bagno di sali, il gas, l'aria soffiata e mantenendo l'utensile alla temperatura di tempra per un tempo da 15 a 30 minuti dopo il completo riscaldamento del pezzo. In questo modo si otterrà una durezza compresa tra 61 e 63 HRC. Il rinvenimento, necessario per eliminare le tensioni interne al materiale, va effettuato subito dopo la tempra e consiste in un lento riscaldamento in forno sino alla temperatura di rinvenimento, scelta in base allo specifico diagramma di rinvenimento (vedi figura 10) per ottenere la durezza di lavoro desiderata, e nel mantenimento a tale temperatura per un tempo almeno di 1 ora ogni 20 mm di spessore del pezzo e comunque non inferiore a 2 ore.

E' comunque necessario effettuare un secondo rinvenimento allo scopo di ridurre il tenore di austenite residua e di aumentare ulteriormente la tenacità; inoltre è consigliabile un terzo rinvenimento di distensione a ~ 50° C sotto la più alta temperatura dell'ultimo rinvenimento effettuato.

L'ACCIAIO ISOMATRIX

Il continuo incremento delle sollecitazioni a cui vengono sottoposti gli utensili richiede - per la loro fabbricazione - l'impiego di acciai ad elevatissima resistenza.

Conseguentemente, in tutte quelle applicazioni dove gli acciai rapidi e da utensili prodotti con i processi metallurgici convenzionali sono al limite della loro prestazione, ha inizio il campo d'impiego degli acciai prodotti con la metallurgia delle polveri.

La vita e le prestazioni degli utensili per le lavorazioni con asportazione di truciolo sono direttamente proporzionali alle migliori proprietà di resistenza a caldo, resistenza all'usura e resistenza alla compressione, possedute dall'acciaio rapido con cui vengono costruiti. L'integrazione ottimale tra queste

Famiglie di prodotto	Marche Böhler	Composizione chimica										Norme		
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Co	Altro	DIN	AISI		
Acciai Rapidi	Formati a caldo	S390 ISOMATRIX	1,60	0,30	0,30	4,80	2,00	5,00	10,50	8,00			-	-
		S590 ISOMATRIX	1,30	0,50	0,30	4,20	5,00	3,00	6,30	8,40			-	-
		S690 ISOMATRIX	1,33	0,35	0,30	4,30	4,90	4,10	5,90					M4
		S790 ISOMATRIX	1,30	0,50	0,30	4,20	5,00	3,00	6,30				~1.3344	M3
	Formati a caldo Super Sulphur	S592 ISOMATRIX	1,30	0,55	0,60	4,20	5,00	3,00	6,30	8,40	+S		-	-
Acciai per lavor. a freddo		K190 ISOMATRIX	2,30	0,40	0,40	12,50	1,10	4,00					~1.2380 ~X220CrVMo13 4	D7
Acciai per stampi plastica	Formati a caldo	M390 ISOMATRIX	1,90	0,70	0,30	20,00	1,00	4,00	0,60				-	-

Tab. 2 - Composizione dei prodotti ISOMATRIX.

caratteristiche si ottiene con l'impiego degli acciai rapidi prodotti con la metallurgia delle polveri, di cui sono stati messi a punto diversi tipi, come indicato in Tab. 2.

Gli acciai BÖHLER ISOMATRIX offrono i seguenti vantaggi:

- estrema resistenza all'usura
- eccellente resistenza alla corrosione
- ottima rettificabilità
- facile lucidabilità a specchio
- elevata tenacità
- minima deformazione dimensionale isotropica.

Ne consegue che si possono ottenere:

- componenti di elevatissima precisione
- lunga vita degli utensili

oltre a aumento della produttività e riduzione del costo unitario.

La metallurgia delle polveri, con l'aumento del contenuto di carburi nella struttura, senza dover sacrificare la caratteristica di elevata tenacità, consente di esaltare le caratteristiche di resistenza all'usura e di durezza a caldo.

L'assenza di bande di carburi nella struttura consente l'in-

cremento dei valori percentuali degli elementi di lega e, conseguentemente, l'aumento di caratteristiche quali la durezza e la tenacità che, negli acciai prodotti con processi convenzionali, sono quasi sempre in antitesi tra loro.

CONCLUSIONI

Con l'introduzione di questi nuovi acciai, si sono ulteriormente ampliati i confini della tecnica applicativa degli acciai per la produzione di utensili per lavorazioni a freddo.

Accanto ai tradizionali acciai W. Nr. 1.2363/AISI A2, 1.2345, 1.2379/AISI D2, 1.2550 e 1.2767, si colloca la marca K340 ISODUR che rappresenta un ponte ideale per avvicinare le caratteristiche degli acciai ledeburitici tradizionali alle caratteristiche degli acciai prodotti con la metallurgia delle polveri (K190 Isomatrix PM e S390 Isomatrix PM).

La famiglia degli acciai ottenuti con la metallurgia delle polveri ISOMATRIX, avendo caratteristiche isotropiche, consentono ulteriori miglioramenti delle prestazioni degli utensili.

A B S T R A C T

BLANKING CALLS FOR HIGH-PERFORMANCE STEELS

In blanking, as in other cold-forming processes, such as drawing, extrusion, bending, coining, wire-drawing, etc., both simple and compound stresses may damage the dies after only a very short period in service.

The most frequent causes of premature deterioration of a die are:

- Wear
- Splintering of the cutting-edge
- Built-up edge (sticking)
- Plastic shearing

These occurrences are first and foremost due to excessive stressing of the die, more specifically of the punch and the matrix.

Adhesive wear takes place, with a tendency to stick in the case of low-hardness working material, such as copper and aluminium.

With high thicknesses in the material to be blanked, such as tempered steel, there is a prevalence of abrasive wear.

In the area of transition, both types (mixed wear) may be encountered.

These types of wear may occur irrespective of the thickness of the material to be blanked. The conditions required for achieving a high degree of resistance to wear in the blanking parts include high hardness in the die, low friction between the tool and the material to be worked, and high form stability.

Splintering of the cutting-edge takes place, on the other hand, due to high alternation of the stresses in the die, which consequently lead to severe breakage of the latter, caused by material fatigue. This dramatic outcome is prevented by high compressive strength and a sufficiently high degree of hardness.

The built-up edge occurs when the materials worked are very pliable. Layers and fragments from the material being cut are deposited on the tool, thus changing the stability of the cutting edge. A low friction coefficient and optimal choice of the tool will combat the formation of the built-up edge (i.e., sticking).

The cutting edges are plastically sheared due to overloads. A high degree of hardness and compressive strength are vital prerequisites for the stability of the cutting edge.

To meet the requirements so far described, the steels tradi-

tionally used in blanking work have been rich in carbide, due to their chemical composition.

The diagram in Fig. 1 therefore shows that resistance to abrasive wear is directly proportional to the carbide content, expressed as a percentage, in hardened steel.

Operating hardness in the steel selected is decisive for ensuring that the die works properly and, therefore, its performance.

The diagram in Fig. 2 shows the curve of the operating hardness values as a function of the thickness of the plate to be blanked. Experience shows that, when blanking very thick plate, great importance attaches to the toughness of the steel, which can even be obtained by reducing its hardness.

The die's performance and the accuracy of the cut pieces are significantly affected by the choice of the blanking clearances – that is the distance between the cutting-edge of the punch and that of the matrix.

The blanking-clearance – see Fig. 3 – is necessary in order to prevent upsetting of the blanked piece and to minimize friction.

The smaller the blanking clearance, the greater the blanking power used and the wear to the die, but the better also the blanked surface of the workpieces.

Too wide a blanking-clearance results in the material being blanked getting jammed in the die, and this, due to overstressing, may lead to breakage of the matrix. In addition, worn dies, or dies with too wide a blanking-clearance, cause excessive burr on the cut pieces.

In traditional die-blanking, the plate is cut through about 1/3 of its thickness, and the rest is ripped off, forming burr.

In fine blanking, on the other hand, the whole thickness of the plate is cut completely through.

The pieces thus obtained present a cut surface that is perfectly perpendicular to that on which it rests, as well as a high degree of flatness and precision such that there is no need for re-runs.

Compared with traditional blanking dies, fine blanking dies are characterized by four important components to make them work: the matrix and the counter-punch in the lower part of the die, the punch, and the blank-holder with a serrated edge in the upper part – see Fig. 4. These call for particularly stable, accurate presses, since blanking forces are high due to the low blanking-clearance.

To be able effectively to combat all the causes that might lead to deterioration of the die, and to ensure high performance in production, it is necessary to choose die steels characterized by a high degree of:

- Hardness
- Toughness
- Compressive strength
- Wear resistance

Moreover, the die manufacturer must be able to find in these steels other no less important characteristics, such as:

- Good workability
- Good electro-erodability
- Low dimensional change under heat treatment
- Safety under heat treatment

All these characteristics are guaranteed by rapid steels for cold working made by BÖHLER in the ISOMATRIX and ISODUR versions.

These steels, which are carbon-rich and very finely structured, are obtained by powder metallurgy or secondary metallurgy. They represent a group of steels that, if correctly used, will ensure maximum performance in blanking work and in cold-forming in general.