

Cause e prevenzione dei difetti nelle leghe da lavorazione plastica

MARK F. GRIMWADE,

Consulente, Northwood, Middlesex, U.K.

Introduzione

La maggior parte della letteratura recente sui difetti che compaiono durante la fabbricazione della gioielleria riguarda quelli che si producono durante il colaggio a cera persa: vedi, per esempio, la citazione (1). Tuttavia si possono formare difetti anche durante il colaggio di lingotti, durante la loro trasformazione in lamiera, tubo, filo o bacchetta e nelle lavorazioni successive con processi come stampaggio e forgiatura, per ottenere componenti per gioielleria. Questi difetti sono descritti brevemente in questo articolo, insieme alle loro cause ed al modo di evitarli, anche se i difetti collegati allo stampaggio di componenti sono descritti in un altro articolo pubblicato su questo numero (2). Nel Manuale sui Difetti di Colaggio e di altro Tipo (1) si possono trovare esempi di molti difetti, che saranno citati quando opportuno.

Difetti provenienti dai lingotti o dal materiale colato in continuo

Cavità e porosità da ritiro

Il cono di ritiro è la cavità a forma di imbuto che si forma nella parte superiore di un lingotto, a causa della contrazione del metallo durante la solidificazione. Quando il lingotto è lavorato (fucinato e/o laminato), questo produrrà nella lamina, nel nastro o nel filo un difetto centrale, soprattutto se la superficie del cono è ossidata. Durante la successiva laminazione, ciò può causare separazioni longitudinali nella lamiera o nel nastro, difetti noti come fenditure di laminazione (fig. 1). Nel Manuale sui Difetti di



Figura 1 - Esempio di fenditura di laminazione in una barretta di lega d'oro durante la prima passata di laminazione (Per gentile concessione di Engelhard CLAL). Questa lega è dura ed è notoriamente difficile da lavorare

Colaggio e di altro Tipo (1), nel caso 16 a pag. 47, è riportato un esempio di separazione dovuto al cono di ritiro.

La parte contenente il cono di ritiro dovrebbe essere asportata prima della lavorazione e riciclata come rottame di composizione nota. La porosità da ritiro interna dovrebbe saldarsi e scomparire, a condizione che le superfici interne siano pulite e non ossidate.

Vescicatura (Blistering)

La formazione di vescicature (bollosità) sulla superficie di nastri e lamiere può essere causata da pori da gas intrappolato nel metallo colato o da reazioni con l'atmosfera durante i trattamenti di ricottura. Nella citazione (1) è riportato un esempio di vescicatura e porosità interna in oro giallo a 18 K, causata dalla formazione di vapor d'acqua durante la ricottura (caso 26 a pag. 67).

Questo difetto può essere evitato con il controllo delle condizioni di colaggio e ricottura e di fattori come il contenuto di gas disciolto o di ossidi di metalli non preziosi nei semilavorati, mediante buone procedure di disossidazione del metallo fuso. Si devono anche adottare temperature di ricottura adatte, evitando di usare durante la ricottura atmosfere ricche di idrogeno.

Inclusioni

Nel materiale colato le inclusioni sono formate da particelle insolubili, come ossidi e siliciuri. Queste possono causare rotture durante la lavorazione o formare punti duri, che possono danneggiare la lucidatura finale delle superfici (effetto "code di cometa"). Le inclusioni possono essere originate da pezzi di crogiolo o di rivestimento del forno caduti nel metallo o possono formarsi per reazioni chimiche, per esempio tra gas assorbiti e componenti della lega. Per mantenere le inclusioni al minimo, è importante controllare regolarmente crogioli e rivestimenti dei forni, tener pulito l'ambiente di lavoro e tener conto delle reazioni chimiche possibili. Nella citazione (1) sono riportati molti esempi di difetti causati da inclusioni.

Inquinamento

L'inquinamento del metallo fuso può provocare infragilimento e rotture catastrofiche durante la lavorazione. L'esempio più comune è la presenza di piccolissime quantità di piombo che di solito sono introdotte accidentalmente come tracce di lega per saldatura dolce nel rottame riciclato. Tra i componenti fragilizzanti sono inclusi silicio, zolfo e altri metalli basso-fondenti come il bismuto. Non si deve riciclare rottame di qualità

sconosciuta: questo rottame deve essere analizzato, controllando le sue impurezze. Nella citazione (1) sono riportati molti esempi di difetti causati dall'inquinamento della lega.

Qualità delle superfici

La qualità delle superfici del prodotto finito può dipendere dalla qualità delle superfici dei prodotti colati di partenza. Si devono eliminare con il decapaggio gli ossidi dalle superfici, poiché è più difficile e più costoso eliminarli dopo che sono stati incastrati nelle superfici delle lamiere o delle bacchette. Quantità eccessive di prodotti per il trattamento della lingottiera, come l'olio di macchina, o intrappolamento di fondente possono causare grosse rientranze nella superficie dei lingotti. Si consiglia di applicare sulle pareti della lingottiera un velo di olio continuo ma sottile ed il fondente in eccesso dovrebbe essere asportato prima del colaggio. Schizzi, sovrapposizioni e ripiegature sono causate da spruzzi di metallo fuso sulle pareti della lingottiera, che solidificano e si ossidano, prima di essere ricoperti dal metallo che riempie la lingottiera. Durante la lavorazione, questi possono staccarsi, separandosi lungo la superficie ossidata, e causare irregolarità della superficie. Prima della lavorazione, si devono esaminare i lingotti, in modo da poterli rifilare o limare, se necessario, per spianare le rientranze, togliere schizzi e ripiegature e staccare le particelle incastrate nella superficie.

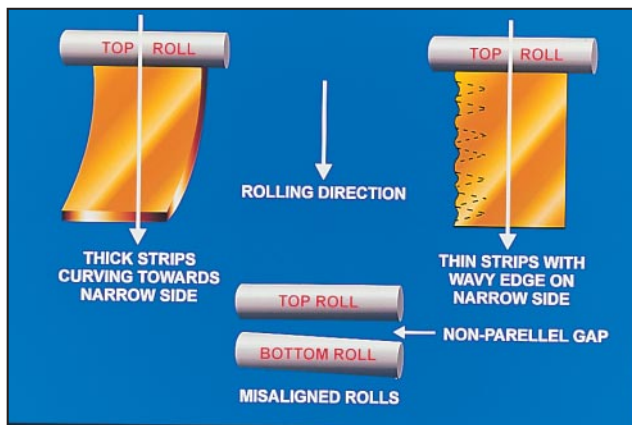


Figura 2 - Difetti dovuti al cattivo allineamento dei cilindri



Figura 3 - Difetti dovuti alla flessione dei cilindri

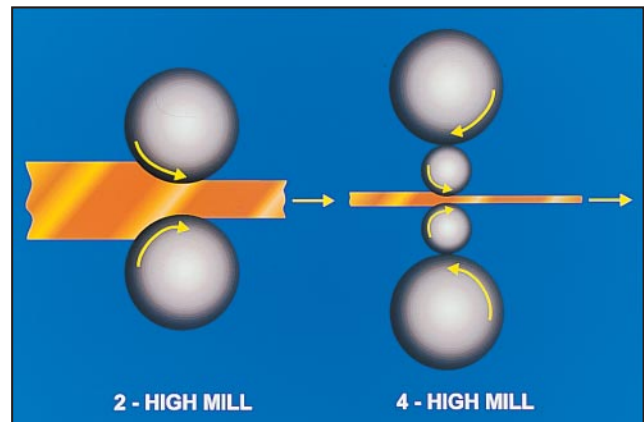


Figura 4 - Minimizzazione della flessione dei cilindri con l'uso di un laminatoio quarto



Figura 5 - Cricche sui bordi

Difetti causati dal processo di lavorazione

1. Laminazione di prodotti piani: lamiera, nastro e foglio

Finitura dei cilindri

Una cattiva qualità delle superfici può essere causata dall'uso di cilindri di cattiva qualità, con superfici rigate o danneggiate. Le laminazioni di finitura dovrebbero essere eseguite con cilindri di piccolo diametro, ben lucidati o cromati, in modo da ottenere laminati lucidati a specchio. Le superfici dei cilindri devono essere continuamente pulite con stracci, per evitare che particelle di polvere o di altri materiali possano rigare o incidere i laminati o incastrarsi nella loro superficie. Per proteggere i cilindri, è bene coprire il laminatoio quando non lo si usa.

Cattivo allineamento dei cilindri

Se il nastro è relativamente spesso, il cattivo allineamento dei cilindri può causare la curvatura laterale del nastro all'uscita dai cilindri. Se invece è sottile, si formano su un lato ondulazioni del bordo (fig. 2). Si devono regolare i vitoni dei cilindri in modo che le loro tavole siano parallele.

Flessione dei cilindri

La flessione dei cilindri, causata dalle forze necessarie per ridurre lo spessore del laminato, può provocare variazioni di spessore

trasversali o ondulazioni su entrambi i bordi del laminato (fig. 3). Si deve diminuire la riduzione di spessore per passata, con ricotture intermedie più frequenti, per ridurre la pressione di laminazione, oppure, preferibilmente, si può usare laminatoio quarto, nel quale i cilindri di lavoro, di diametro minore, sono sostenuti da cilindri di diametro maggiore, che impediscono che i primi si flettano sotto carico (fig. 4).

Cricche sui bordi

Di solito le cricche sui bordi sono causate da una deformazione eccessiva tra le ricotture. Quando si formano, è importante rifilare i bordi del laminato, perché proseguendo la laminazione si aumenta il rischio che qualche cricca si propaghi improvvisamente verso il centro del laminato, piegando poi ad angolo retto ed aumentando di molto la quantità di materiale che deve essere scartato (fig. 5).

Controllo dello spessore

Di solito i grossi laminatoi moderni sono muniti di sofisticati sistemi per il controllo dello spessore, ma per il produttore di gioielleria ciò può non essere possibile. Si deve aver cura di garantire uniformità dello spessore sia sulla lunghezza che sulla larghezza del laminato. Variazioni dello spessore possono causare variazioni nelle forze richieste per le successive operazioni di formatura, che possono provocare aumento degli scarti, usura accelerata degli utensili o anche la loro rottura. Se il nastro è venduto in base alla specificazione dello spessore minimo, lo spessore in eccesso sulla specifica deve essere pagato dal produttore, e, nel caso di nastro in lega d'oro, ciò può essere costoso. Prima della ricottura finale, è bene terminare la laminazione con passate leggere, che contribuiscono ad un efficace controllo dello spessore.

2. Laminazione di barre

Righe di laminazione e ripiegature

Le righe di laminazione sono dovute al tentativo di spingere troppo metallo nei canali dei cilindri, cioè al tentativo di effettuare una riduzione di sezione eccessiva, così che i cilindri sono forzati a separarsi ed il metallo in eccesso è "spremuta" lateralmente (fig. 6). Se in seguito, con la laminazione, le righe di laminazione sono spinte nella barra, queste si trasformano in ripiegature, che formano superfici di debolezza e possono aprirsi in fasi successive, specialmente sotto sforzi di torsione.

Per prevenire questi difetti, si devono evitare riduzioni di sezioni eccessive e la barra deve essere ruotata di 90° tra le passate successive.

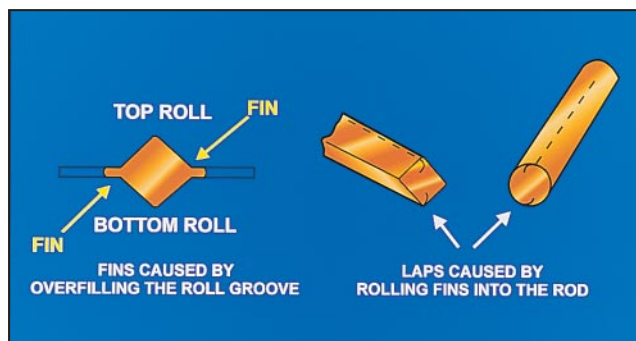


Figura 6 - Formazione di righe di laminazione e ripiegature

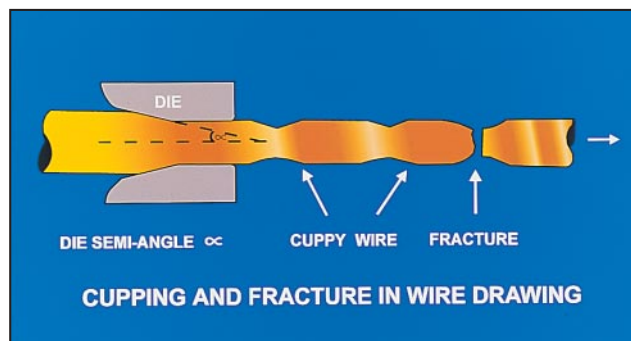


Figura 7 - Filo con strozzature

3. Trafilatura

Filo con strozzature

Durante la trafilatura, il difetto più frequente è la rottura o la formazione di strozzature nel filo che emerge dalla filiera (fig. 7). Le cause possibili sono quattro.

- Il filo è troppo incrudito e deve essere ricotto.
- Presenza di inclusioni, che possono dar origine a punti deboli nel filo.
- Si sta tentando di eseguire riduzioni troppo forti per passata. Per fili di grosso diametro, la riduzione può andare da 25 a 45%, in funzione della lavorabilità della lega, ma, quando il diametro diminuisce, le riduzioni possono scendere al 15-20%.
- Un difetto di lubrificazione fa aumentare l'attrito tra il filo e la superficie della filiera e ciò abbassa l'entità della riduzione possibile.

4. Formatura di laminati piani

La comparsa di difetti durante la formatura di laminati piani e la loro prevenzione sono argomenti complessi. Durante la formatura, la rottura avviene nel punto più debole o più sottile del pezzo in lavorazione. È probabile che questo punto si trovi dove la lamina è stata piegata sotto tensione intorno ad un angolo, poiché in questo punto si ha un maggior assottigliamento. Vi è una dimensione limite massima del materiale che può essere formato con successo, senza rotture in questo punto. Può essere necessario effettuare una prima formatura con un punzone ed uno stampo e poi completare l'operazione con altri punzoni ed altri stampi. Questo argomento è stato già trattato in una memoria (3), che dovrebbe essere pubblicata nel prossimo futuro.

5. Effetto "buccia d'arancia"

Questo difetto consiste nella formazione di una superficie corrugata, visibile ad occhio nudo, su lamine o filo dopo la deformazione ed è dovuta a grano di dimensioni troppo grandi, causato da ricottura eccessiva. Un esempio è mostrato nella fig. 11 della citazione (2), a pagina 19 di questo numero di *Gold Technology*. Alcune leghe a 14 K sono particolarmente soggette a questo difetto. Talora la formazione di grano grosso è provocata dalla ricottura di materiale troppo poco deformato e/o dalla presenza nella lega di piccole aggiunte, come il silicio (4). L'effetto buccia d'arancia si può manifestare sulle superfici di maglie di catena o di pezzi stampati. Lo si può minimizzare o evitare controllando le procedure di lavorazione e ricottura, in

modo da evitare la formazione di grano grosso, che è favorita da temperature di ricottura troppo alte, come quelle che si hanno durante la ricottura al cannello, e da deformazioni troppo leggere.

6. Rottura da tensiocorrosione

Questo fenomeno si manifesta come rottura spontanea di oggetti di gioielleria, dovuta a tensioni residue interne o applicate durante l'uso, in presenza di un'atmosfera corrosiva. Quest'ultima può essere formata anche da fumi acidi o da vapori contenenti cloro (per esempio, da detergenti per la casa o da piscine con acqua clorata). Un esempio per un oro bianco al nichel a 14 K è mostrato nella citazione (5), nelle fig. 5 e 6, pag. 28 di questo numero. La rottura può avvenire durante l'uso (cioè mentre il pezzo è indossato o riposto), molto tempo dopo la fabbricazione e tende ad essere più frequente nella gioielleria a bassa caratura (8-14 K).

È importante sottolineare che la gioielleria a bassa caratura, se è lasciata nelle condizioni di fine lavorazione, contiene tensioni residue, che aumentano il rischio di rottura per tensiocorrosione. Le tensioni residue possono essere eliminate o ridotte con una ricottura di distensione, di solito 30 minuti a 250°C. Così si diminuisce il rischio di rottura da tensiocorrosione. Dopo la riparazione di pezzi di gioielleria o la messa a misura di anelli si dovrebbe sempre eseguire una ricottura di distensione.

7. Rottura a caldo negli ori bianchi al nichel

La rottura a caldo è il cedimento improvviso degli ori bianchi al nichel durante la ricottura che segue la lavorazione a freddo ed è dovuta alle forti tensioni interne provocate dalla struttura di queste leghe. Avviene con il raffreddamento rapido (tempra in acqua) dopo la ricottura. Però un raffreddamento lento all'aria può causare la separazione di fasi e cambiamenti di colore. Spesso la si può evitare con velocità di raffreddamento intermedie, mettendo il pezzo a raffreddarsi su una piastra di ferro o con il raffreddamento in aria forzata. Questo argomento è stato discusso da Rapson (6) ed esaminato più recentemente da Normandeau (7) - vedere la citazione (5) in questo numero, dove, nella fig. 7 a pag. 28, è mostrato un esempio di rottura a caldo.

8. Rottura per infragilimento da impurezze

Questo aspetto è stato discusso brevemente in precedenza nel capitolo sull'inquinamento. Piccole quantità di impurezze come piombo o silicio possono segregare ai bordi di grano e formare fasi a basso punto di fusione. Ott ha esaminato questo problema nella citazione (8). Nella citazione (1), casi 17 e 18, sono descritti alcuni esempi.

Bibliografia

1. D. Ott, "Manuale sui Difetti di Colaggio e di altro Tipo nella Produzione di Gioielleria in Oro", pubbl. World Gold Council, 1997.
2. F. Klotz e S. Grice, "Difetti in componenti stampati per la produzione di gioielleria", *Gold Technology*, n° 36, inverno 2002, p. 16-22
3. M.F. Grimwade, "Formatura di laminati metallici", *Atti del Simposio di Santa Fe*, 1992, Met-Chem Research Inc (da pubblicare)
4. D. Ott, "Ottimizzazione delle leghe d'oro per la produzione", *Gold Technology* n° 34, primavera 2002, p. 37-44
5. M.F. Grimwade, "Il 16° Simposio di Santa Fe sulla tecnologia di produzione della gioielleria", *Gold Technology* n° 36, inverno 2002, p. 24-32
6. W. Rapson e T. Groenewald, "Gold Usage", Academic press, 1978
7. G. Normandeau, "Rottura a caldo di materiali per la produzione di gioielleria in oro", *Atti del Simposio di Santa Fe*, 2002, Met-Chem Research Inc, p. 429-450
8. D. Ott, "Effetto di piccole aggiunte e di impurezze sulle proprietà delle leghe d'oro", *Gold Technology* n° 22, luglio 1997, p. 31-38

Nota dell'editore.

Parte di questo articolo è stata tratta dal capitolo 7, sezione 8, del Manuale Tecnico per la Gioielleria in Oro, scritto dallo stesso autore e pubblicato dal World Gold Council. Copie di questo manuale e del Manuale sui Difetti di Colaggio e di altro Tipo possono essere acquistate rivolgendosi al World Gold Council, International Technology, 45 Pall Mall, Londra SW1Y 5JG, U.K. Maggiori dettagli sono disponibili sul nostro sito WEB, www.gold.org o a pag. 39 di questo numero.