



Variazioni strutturali indotte da piccole deformazioni e basse temperature negli ottoni 70/30

S. Natali

Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e Ambiente, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", via Eudossiana, 18, 00184, Roma

ABSTRACT. In this study we have analyzed the effect of hardening and recrystallization in a brass 70/30.

The structural changes, induced by mechanical and thermal stresses, have been investigated using metallographic, indentation and diffraction methods. The study was conducted to evaluate the effects of annealing on firearms cartridges. Tests performed on the cartridges in various conditions lead to the following conclusions: *i)* the cartridges are delivered to user in a state of slight structural hardening; *ii)* the effect of the use of the cartridge case leads to a deformation with the consequent adaptation to the chamber and to a state of further hardening; *iii)* the subsequent flame annealing, performed at the collar, tends to return the cartridge to the structural conditions of supply without however altering its adaptation to the chamber; *iv)* the best accuracy of shot fired with the recycled cartridge is due both to the adaptation chamber/cartridge, and to recovery, although incomplete, of the initial conditions. It is therefore advisable to push the annealing treatment for a longer time than the one used.

SOMMARIO. In questo lavoro sono stati analizzati gli effetti dell'incrudimento e della ricristallizzazione in un ottone 70/30. Le variazioni strutturali indotte dalle sollecitazioni meccaniche e termiche sono state studiate con tecniche metallografiche, di indentazione e di diffrazione. Lo studio è stato condotto per valutare gli effetti dell'impiego e della ricottura su bossoli per armi da fuoco. Le analisi eseguite sui bossoli nelle varie condizioni, portano alle seguenti conclusioni: *i)* i bossoli vengono forniti all'utilizzatore in uno stato strutturale di leggero incrudimento; *ii)* l'effetto dell'impiego del bossolo porta sia ad una sua deformazione, con il conseguente adattamento alla camera di scoppio, sia ad uno stato di ulteriore incrudimento; *iii)* la successiva ricottura alla fiamma, eseguita in corrispondenza del colletto, tende a riportare il bossolo alle condizioni strutturali di fornitura senza tuttavia alterare il suo adattamento alla camera di scoppio; *iv)* la migliore precisione dei colpi sparati con i bossoli riciclati è quindi attribuibile sia all'adattamento camera/bossolo, sia al ripristino, sia pure incompleto, delle condizioni iniziali. È consigliabile quindi spingere il trattamento di ricottura per un tempo maggiore rispetto a quello utilizzato.

KEYWORDS. Cartridge; Brass; X-ray diffraction; Microhardness; Metallographic methods.

INTRODUZIONE

Gli effetti della deformazione plastica e dei trattamenti di ricottura sugli ottoni 70/30 sono stati ampiamente documentati da numerosi autori [1-4]. Tali lavori, tuttavia, sono stati condotti su leghe drasticamente deformate (90-95%) e trattate termicamente, per almeno un'ora, a temperature relativamente elevate (400 – 500 °C).

Una delle principali applicazioni degli ottoni 70/30 riguarda la fabbricazione dei bossoli per le cartucce delle armi da fuoco. Queste sono prodotte per trafilatura e subiscono, durante la fabbricazione, notevoli deformazioni con conseguenti

drastici incrudimenti. Un successivo trattamento termico di ricottura tende a riportare il materiale alle normali condizioni resistenziali.

Una volta utilizzato, il bossolo viene conservato per un suo riutilizzo.

Il motivo per il quale i bossoli sono utilizzati più volte esula da considerazioni economiche, ma trova un riscontro sperimentale nell'evidenza che i colpi sparati con cartucce "riciclate" mostrano una precisione maggiore rispetto a quelli sparati con i bossoli nuovi.

La migliore precisione del colpo è attribuibile sia alla deformazione plastica dovuta allo scoppio, sia al conseguente innalzamento della temperatura.

Tali sollecitazioni, oltre a comportare un perfetto adattamento delle dimensioni del bossolo alla camera di scoppio, determinano delle variazioni strutturali dell'ottone attribuibili all'eventuale incrudimento (indotto dalla deformazione) e al riassetto/ricristallizzazione (indotto dalla temperatura).

Dopo l'utilizzo viene eseguito un rapido trattamento termico di ricottura alla fiamma fino a portare la parte superiore (colletto) del bossolo ad un colore bluastro.

Solo dopo questo trattamento il bossolo viene ricaricato per il successivo impiego.

L'obiettivo di questo lavoro consiste nel determinare le variazioni strutturali indotte sull'ottone per effetto *i)* della fabbricazione dei bossoli nuovi rispetto ad un ottone allo stato fuso; *ii)* dell'utilizzazione del bossolo e *iii)* della ricottura alla fiamma.

MATERIALI E METODI

Sono stati forniti 30 bossoli di calibro 308 mils (7.82 mm) la cui composizione, ricavata da quattro misurazioni al quantometro, è mostrata in Tab.1.

Cu	73,98	Mg	0,005
Zn	25,8	Cr	0,002
Pb	0,01	Al	0,016
Sn	0,01	S	0,002
P	0,005	As	0,003
Mn	0,001	Be	0,001
Fe	0,041	Ag	0,005
Ni	0,011	Co	0,005
Si	0,006	Sb	0,035
Σ impurezze 0,16 < 0.20			

Tabella 1: Composizione dell'ottone (% peso).

Table 1: Chemical composition of the investigated brass (%wt).

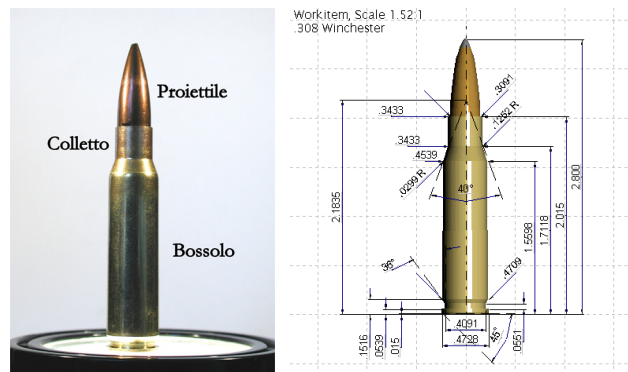


Figura 1: Bossolo in ottone (accurateshooter.com)

Figure 1: Brass cartridge (accurateshooter.com).



Di questi: 4 sono stati fusi in atmosfera protetta e raffreddati rapidamente per determinare le caratteristiche meccaniche e strutturali della lega (**lega fusa – LF**); 4 sono stati analizzati dopo aver deformato plasticamente la lega fusa (**lega incrudita – LI**); 4 sono stati analizzati dopo aver trattato termicamente a 500 °C per 2 ore la lega incrudita (**lega ricotta – LR**); 4 sono stati analizzati allo stato di fornitura (**bossoli nuovi – BN**); 4 sono stati analizzati dopo essere stati utilizzati (**bossoli sparati – BS**); infine 4, dopo essere stati sparati, sono stati ricotti alla fiamma (**bossoli ricotti – BR**).

Le caratterizzazioni relative ai bossoli **BN**, **BS**, **BR** sono state eseguite su porzioni di materiale proveniente dalla parte interna del colletto (Fig. 1).

Su ciascuna serie di bossoli sono state eseguite le seguenti operazioni:

- *Caratterizzazione metallografica.*

Dopo la preparazione della superficie, effettuata con le classiche operazioni metallografiche, i campioni sono stati attaccati con una soluzione contenente 50 g di cloruro ferrico (FeCl₃), 150 cm³ di acido cloridrico (HCl) e 600 cm³ di tanolo (C₂H₅.OH) Le osservazioni al microscopio ottico sono state eseguite a 500X

- *Caratterizzazione meccanica.*

Per valutare le eventuali variazioni resistenziali dei bossoli sono state effettuate delle prove di microindentazione con 100 g di peso. Per ciascun campione sono state eseguite 30 impronte.

- *Caratterizzazione strutturale.*

Per valutare le eventuali orientazioni preferenziali sono state eseguite diffrazioni di raggi X con un PHILIPHS X-PERT PRO le cui condizioni di impiego sono mostrate in Tab. 2. Le diffrazioni sul bossolo sono state eseguite sia in senso longitudinale sia trasversale rispetto al suo asse, mentre quelle effettuate sul bossolo fuso sono state eseguite: *i*) sul campione solidificato velocemente; *ii*) dopo un aver eseguito un'elevata deformazione, ed infine *iii*) dopo la deformazione e un successivo trattamento termico di ricottura a 500 °C per 2 ore.

Catodo	Cu (λ 1.54 Å)
Monocromatore	Si
Tensione	40 kV
Corrente	40 mA
Intervallo di scansione	40-100 °
Passo di scansione	0.02 °
Tempo di scansione	3 s
Receiving slit	0.2 mm

Tabella 2: Condizioni di diffrazione.

Table 2: Diffraction conditions.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le metallografie relative alle leghe fuse e alla serie di bossoli sono mostrate in Fig. 2-7.



Figura 2: Lega incrudita (X500) (LI).

Figure 2: Hardened alloy (X500) (LI).

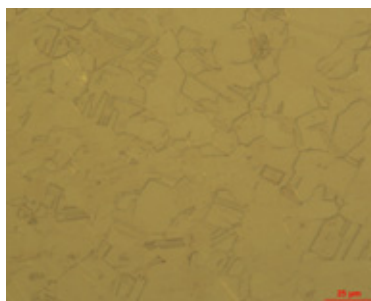


Figura 3: Lega incrudita e ricristallizzata (X500) (LR).

Figure 3: Hardened and recrystallized alloy

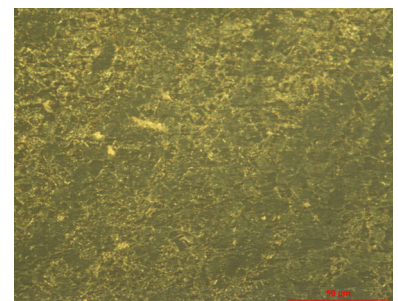


Figura 4: Bossolo nuovo (BN) (X500).

Figure 4: New cartridge (BN) (X500).

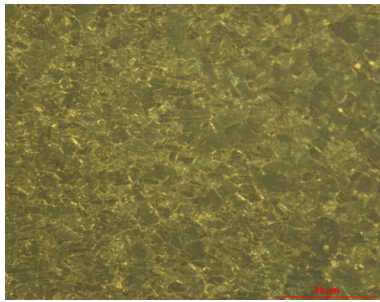


Figura 5: Bossolo utilizzato (BS) (X500).

Figure 5: Used cartridge (BS) (X500).

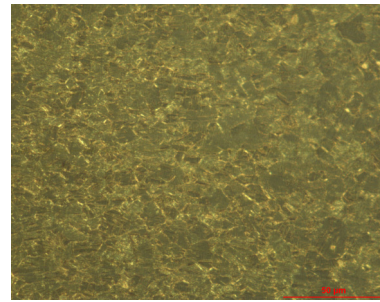


Figura 6: Bossolo ricristallizzato (X500) (BR).

Figure 6: Recrystallized cartridge (X500) (BR).

Dall'osservazione delle micrografie si possono fare le seguenti considerazioni:

- 1) La lega fusa e drasticamente deformata evidenzia un grano orientato (Fig. 2).
- 2) La lega fusa, incrudita e trattata termicamente per 2 ore a 400 °C mostra una ricristallizzazione con geminati (Fig. 3)
- 3) il bossolo nuovo presenta una struttura leggermente incrudita (Fig. 4)
- 4) il bossolo sparato evidenzia una struttura molto simile al bossolo nuovo (Fig. 5)
- 5) il bossolo sparato e ricotto alla fiamma mostra una struttura simile al bossolo nuovo (Fig. 6)

I risultati relativi alle prove di microdurezza sono mostrati in Tab. 3 ed in Fig. 7

	Hv ₍₁₀₀₎	σ
Nuovo [BN]	125.4896	8.264758
Utilizzato [BS]	149.8557	7.763312
Ricotto [BR]	138.9318	8.021009

Tabella 3: Microdurezza: valori medi e deviazioni standard.

Table 3: Microhardness mean values and standard deviation.

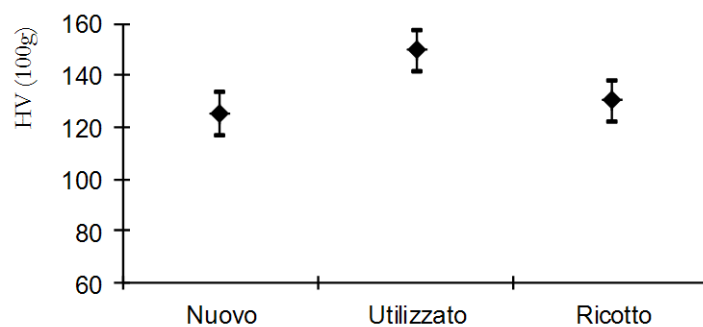


Figura 7: Microdurezza.

Figure 7: Microhardness values.

I valori delle microdurezza evidenziano un rilevante aumento dell'incrudimento sul bossolo utilizzato (BS) rispetto al nuovo (BN). L'effetto può essere giustificato considerando l'azione incrudente (dovuta alla deformazione), maggiore rispetto all'effetto di riassetto (causato dall'aumento di temperatura). Il bossolo, infatti, pur raggiungendo circa 660 °C [5], ha una elevata velocità di raffreddamento che ne annulla sia il riassetto sia la ricristallizzazione.

Il successivo riscaldamento alla fiamma, eseguito sul bossolo [BR], tende ad annullare l'effetto incrudente dovuto all'utilizzo ed a ripristinare i valori di durezza caratteristici del bossolo nuovo [BN], senza raggiungerli.

Nelle Fig. 9-14 sono mostrati i diffratogrammi relativi alle varie condizioni analizzate.

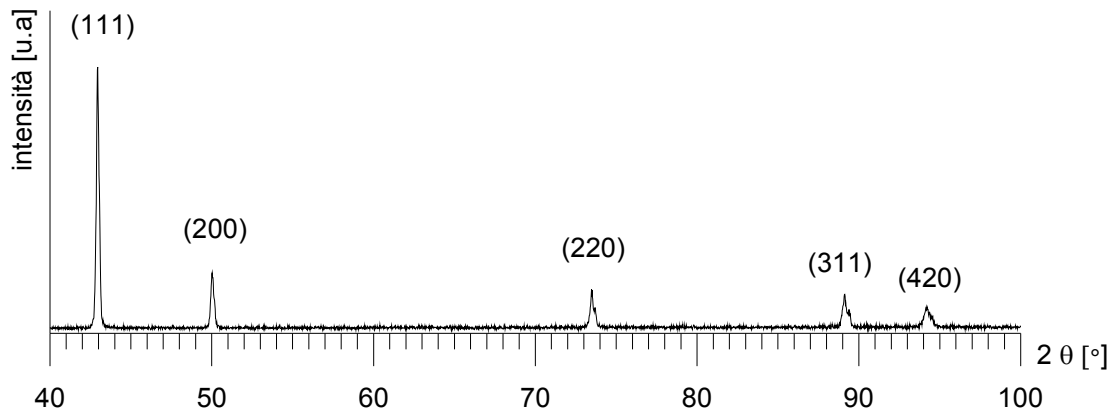


Figura 8: Diffratogramma della lega fusa.

Figure 8: Cast alloy diffrattogram.

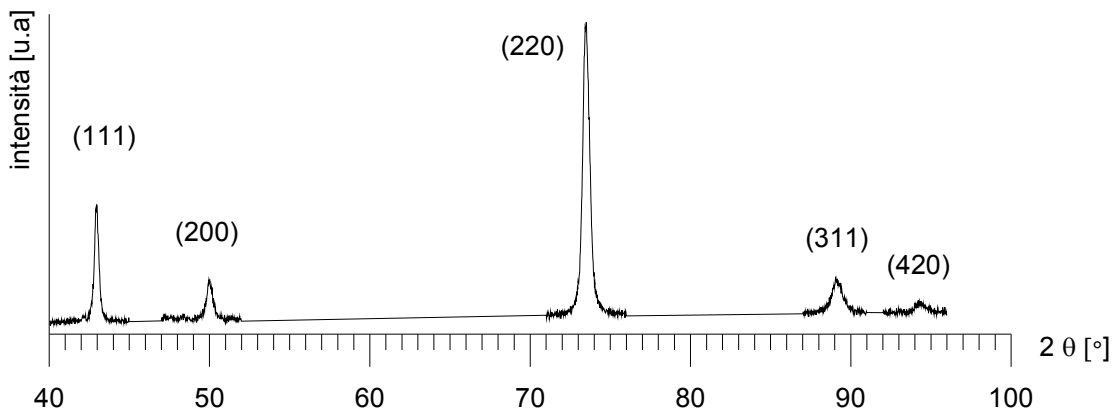


Figura 9: Diffratogramma del campione fuso e deformato.

Figure 9: Cast and deformed alloy diffrattogram.

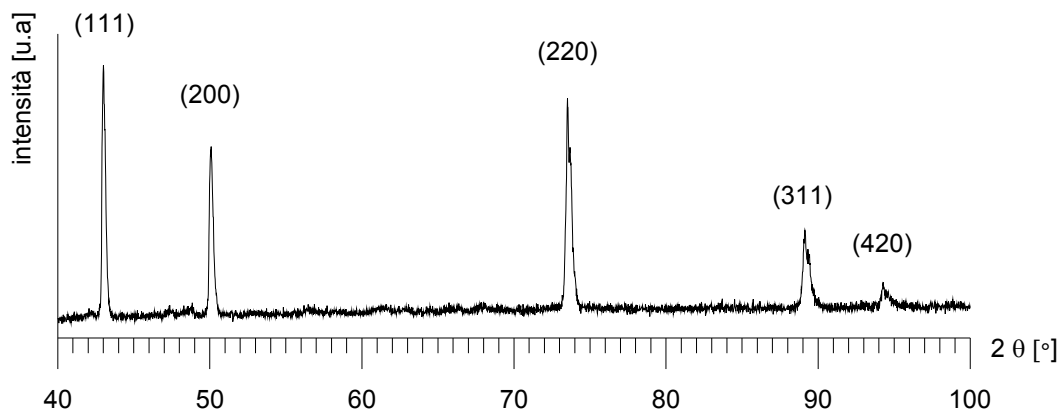


Figura 10: Diffratogramma del campione fuso, deformato e ricristallizzato.

Figure 10: Cast, deformed and recrystallized alloy diffrattogram.

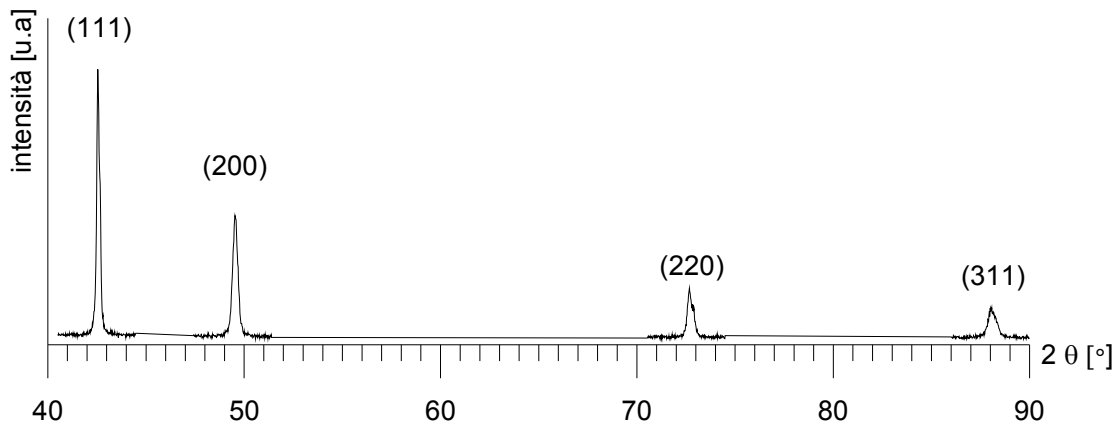


Figura 11: Diffrattogramma del bossolo nuovo.

Figure 11: New cartridge diffraction pattern.

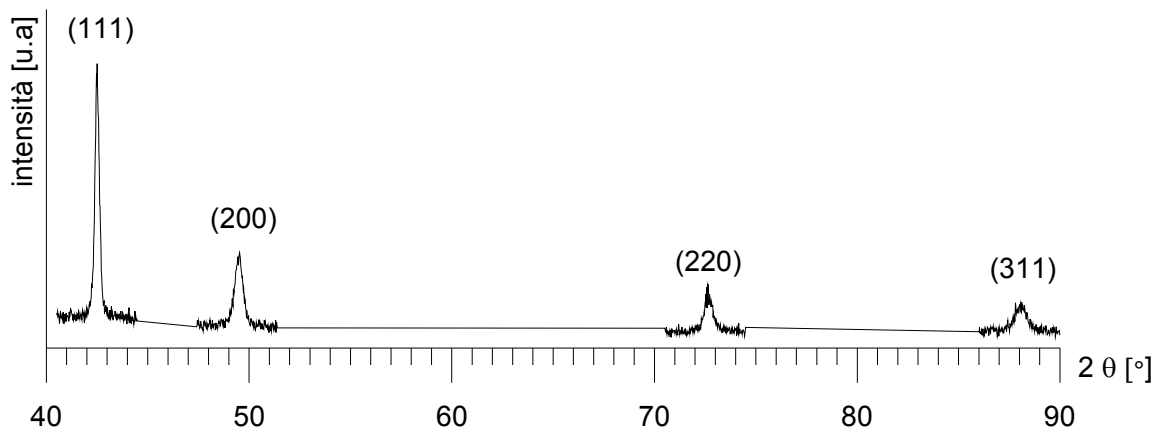


Figura 12: Diffrattogramma del bossolo utilizzato.

Figure 12: Used cartridge diffraction pattern.

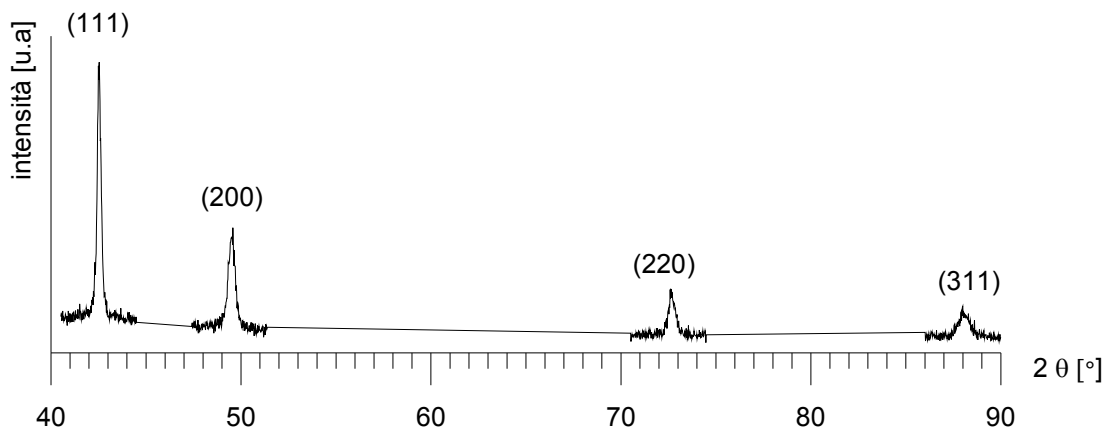


Figura 13: Diffrattogramma del bossolo ricristallizzato.

Figure 13: Recrystallized cartridge diffraction pattern.



Un confronto visivo tra i diffrattogrammi sopra riportati è complesso e di difficile valutazione. Più indicativo è effettuare una valutazione sui rapporti tra le intensità delle riflessioni (I/I_{max}) Tab. 4 [6, 7].

Campione	Rif.	(I/Imax) *100			
		(111)	(200)	(220)	(311)
Fuso	LF - Fig. 8	100	22.77	16.41	14.65
Fuso + incrudito	LI - Fig. 9	42.64	17.55	100	18.32
Fuso+incrudito+ricotto	LR - Fig. 10	100	70.96	88.31	39.68
Bossolo Nuovo	BN - Fig. 11	100	44.25	18.59	13.40
Bossolo Sparato	BS - Fig. 12	100	34.56	20.04	13.89
Bossolo Ricotto	BR - Fig. 13	100	39.26	18.86	13.80

Tabella 4: Rapporti (I/I_{max}) tra le intensità delle riflessioni.

Table 4: Reflection intensity ratios.

Sulla lega fusa (LF - Fig. 8) si osserva che i rapporti tra le varie riflessioni sono quelli tipici dell'ottone.

Sulla lega fusa e fortemente deformata (LI - Fig. 9) si nota in particolare: *i*) una diminuzione delle riflessioni dei piani (111); *ii*) un abbassamento delle riflessioni (200); *iii*) un sensibile aumento delle riflessioni (220).

Sulla lega fusa, incrudita e completamente ricotta (LR - Fig. 10) si osserva: *i*) un aumento delle riflessioni dei piani (111) rispetto all'incrudito; *ii*) un significativo aumento delle riflessioni (200); *iii*) una diminuzione delle riflessioni (220) rispetto all'incrudito, senza, tuttavia, riportarle alle condizioni del fuso.

Le tre riflessioni, eseguite su l'ottone 70/30 fuso, deformato e trattato termicamente, sono state necessarie per valutare le variazioni delle riflessioni conseguenti alle varie operazioni (deformazione/incrudimento e ricottura/riassetto e/o ricristallizzazione).

Queste tre riflessioni sono state confrontate con quelle ottenute sui bossoli.

Sul bossolo nuovo (BN - Fig. 11) si osserva: un aumento delle riflessioni (200) rispetto alla lega fusa (LF - Fig. 8); ciò evidenzia che lo stato di fornitura è quello ricotto.

Le diffrazioni sul bossolo sparato (BS - Fig. 12) evidenziano: *i*) una diminuzione delle (200) rispetto al bossolo nuovo (BN - Fig. 11) e *ii*) un aumento delle riflessioni (220) sempre rispetto al bossolo nuovo

Tali variazioni, dovute all'impiego del bossolo, evidenziano un leggero incrudimento dell'ottone attribuibile allo sparo.

Infine, in seguito del trattamento di ricottura alla fiamma, le diffrazioni sul bossolo ricotto (BR - Fig. 13) evidenziano: *i*) un aumento delle riflessioni (200) e *ii*) una diminuzione delle (220) rispetto allo sparato (BS - Fig. 13). Tali variazioni confermano l'effetto della ricottura e la tendenza al ripristino delle condizioni iniziali di fornitura senza tuttavia raggiungerle in quanto l'ottone si presenta in uno stato leggermente più incrudito rispetto al bossolo nuovo.

CONCLUSIONI

Le analisi metallografiche, meccaniche e strutturali eseguite sui bossoli nelle varie condizioni portano alle seguenti considerazioni:

- ✓ Il bossolo viene fornito all'utilizzatore in uno stato strutturale di leggero incrudimento.
- ✓ L'effetto dell'impiego del bossolo porta sia ad una sua deformazione con il conseguente adattamento alla camera di scoppio, sia ad uno stato di ulteriore incrudimento.
- ✓ La successiva ricottura alla fiamma, eseguita in corrispondenza del colletto, tende a riportare il bossolo alle condizioni strutturali di fornitura senza tuttavia alterare il suo adattamento alla camera di scoppio.
- ✓ La migliore precisione dei colpi sparati con i bossoli riciclati è quindi attribuibile sia all'adattamento camera/bossolo, sia al ripristino, sia pure incompleto, alle condizioni iniziali. È consigliabile quindi spingere il trattamento di ricottura per un tempo maggiore rispetto a quello utilizzato.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. Maurizio Cardinali della Federazione Italiana Tiro a Lunga Distanza per la gentile collaborazione e, in particolare, per aver eseguito i trattamenti di ricottura alla fiamma.



BIBLIOGRAFIA

- [1] B. Gashi, M.R. Edwards, P.A. Sermon, L. Courtney, D. Harrison, Y. Xu, *Forensic Sci. Int.*, 200(1-3) (2010) 21-7.
- [2] R. A. Harding, C. Homer, B. Baudelet, *Journal of materials science during induction heating*, 15 (1980) 1804.
- [3] W. Ozgowicz, E. Kalinowska-Ozgowicz, B. Grzegorzczak, *J. of Achievements in materials and manufacturing engineering*, 40 (2010).
- [4] R. J. Weiss, J. R. Clark, L. Corliss, J. Hastings, *J. Appl. Phys.*, 23 (1952) 1379; doi: 10.1063/1.1702078.
- [5] B. Gashi, M.R. Edwards, P.A. Sermon, L. Courtney, D. Harrison, Y. Xu, *Measurement of 9 mm cartridge case external temperatures and its forensic application*, *Forensic Science International*, 2010 in press.
- [6] S. Piñol, J. Diaz, M. Segarra, F. Espiell, *Supercond. Sci. Technol.*, 14 (2001) 11.
- [7] T. Rzychoń, K. Rodak, *Archives of Materials Science and Engineering*, 28 (2007) 605.