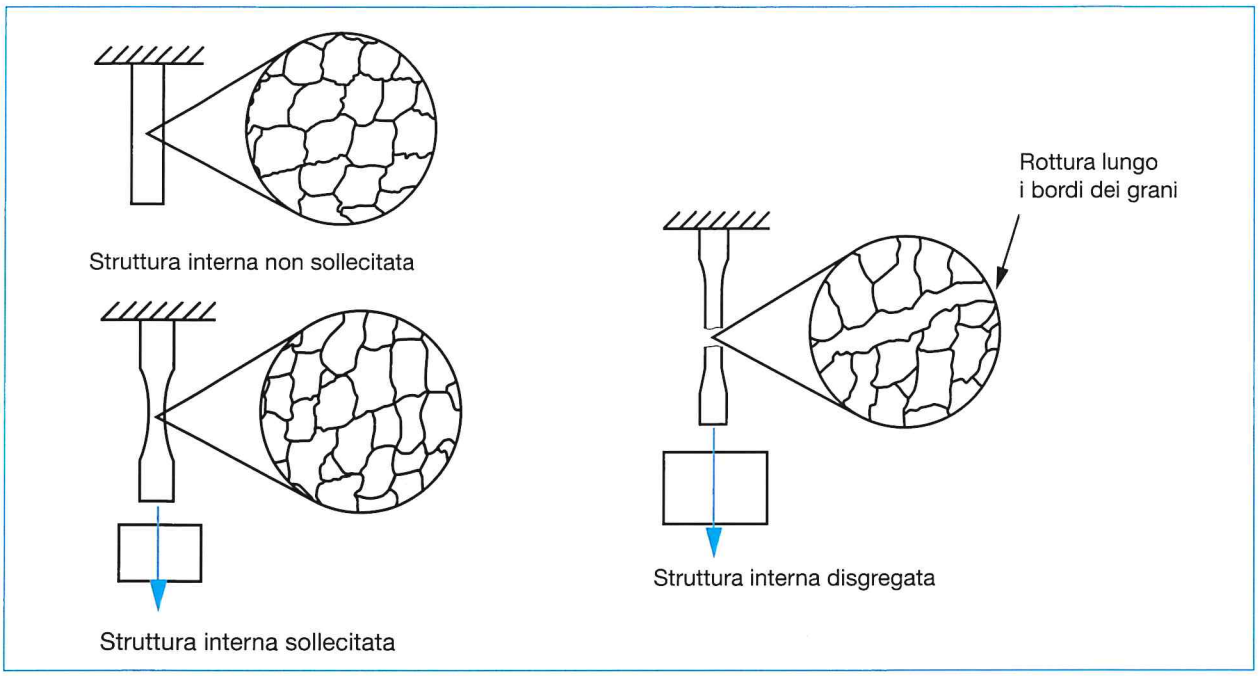

FIGURA **9**. Rappresentazione del comportamento della struttura cristallina dei metalli sotto la sollecitazione a trazione.

materiale più duro. Una buona durezza superficiale è necessaria, oltre che per gli utensili, anche per tutti i pezzi sottoposti all'usura, come le guide, i cuscinetti a sfera o le ruote dentate.

I materiali duri come i ceramici, il vetro, alcuni tipi di ghise e gli acciai temprati non in modo appropriato, sono fragili; se sottoposti a flessione crescente si rompono senza alcun preavviso

I materiali metallici che sono sia resilienti che resistenti e sufficientemente duri si dicono tenaci. Lo sono per esempio gli acciai bonificati, ossia gli acciai che sono stati sottoposti a uno speciale trattamento termico.

▶ Al contrario, i metalli malleabili come gli acciai dolci hanno un'elevata **resilienza** o resistenza alle sollecitazioni dinamiche. Si veda la prova di resilienza a pag. 372.

7 Proprietà chimiche

Resistenza alla corrosione

▶ La resistenza all'alterazione della superficie per l'azione chimica dell'aria, dell'acqua, di acidi e di altri agenti chimici indica la resistenza del materiale alla corrosione.

I metalli nobili (l'oro, l'argento e il platino) sono resistentissimi alla corrosione.

Gli acciai al nichel e al cromo, denominati *inox*, sono inossidabili.

Il rame, lo zinco, il piombo e le loro leghe hanno una buona resistenza, mentre sono poco resistenti gli acciai meno legati e il ferro.

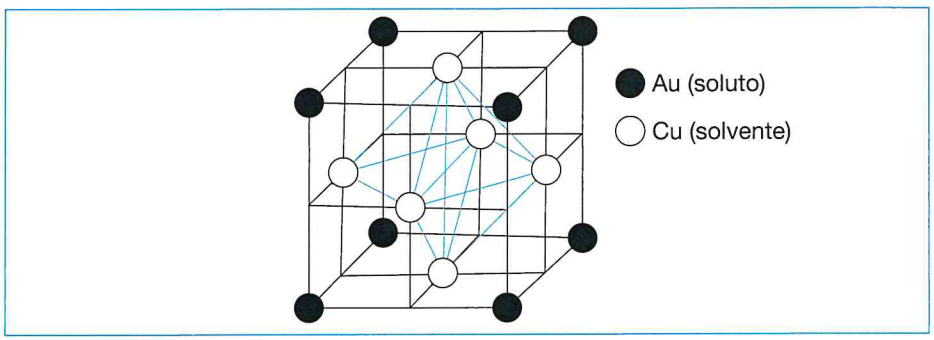

FIGURA **20**. Sostituzione ordinata.

▶ Sono invece **leghe a cristalli misti di tipo interstiziale** (FIGURA **21**) quelle leghe che hanno gli atomi di lega inseriti appunto negli interstizi del reticolo dei grani.

OSSERVAZIONE Celle elementari di cristalli misti *interstiziali* o di inserzione sono rappresentate anche nelle FIGURE **14** e **15**. Sono invece leghe a cristalli misti *sostituzionali*, per esempio, gli acciai austenitici o, come nelle FIGURE **16** e 17. Nella figura **22**, le leghe Ti(C) e Ti(N).

Le *soluzioni solide sostituzionali* si hanno quando il diametro dell'atomo di soluto equivale all'incirca a quello del solvente (FIGURE **19** e **20**) nella stessa posizione della cella, per esempio nelle leghe Au(Cu) o Cu (Zn) (FIGURA **22**).

▶ Le *soluzioni solide interstiziali* sono formate, per lo più, da un metallo-base e da non metalli, come C, H, N, che, avendo minori dimensioni (TABELLA **1**) si possono inserire facilmente negli interspazi vuoti del reticolo cristallino, distorcendolo maggiormente (FIGURA **15**).

Ci possono anche essere leghe a cristalli misti sostituzionali e interstiziali (FIGURA **17**).

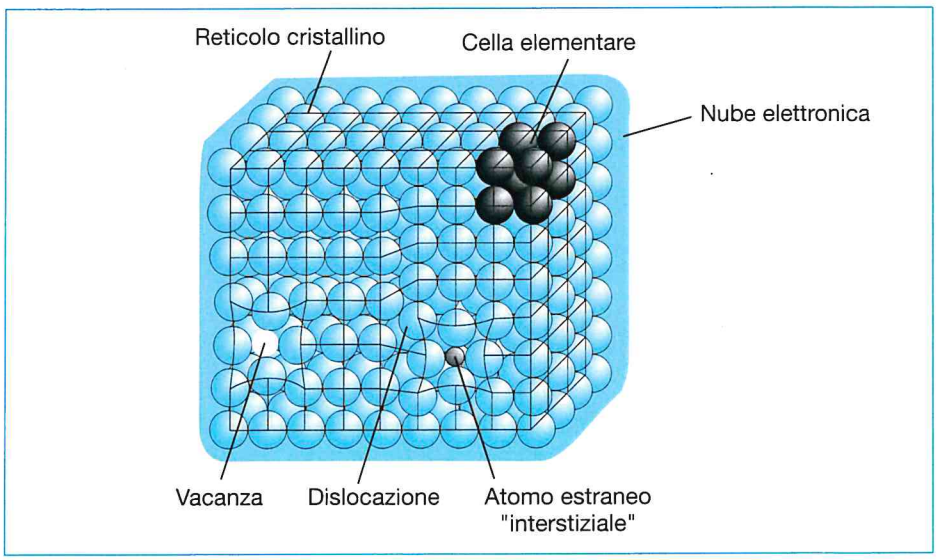

FIGURA **21**. Reticolo cristallino schematizzato di una lega a cristalli misti di tipo *interstiziale*.

MATERIALE	CRITERI DI FORMAZIONE DELLA DESIGNAZIONE
acciai comuni	Fe + carico minimo garantito di rottura a trazione in N/mm^2

Fe 410
- 410 — carico minimo garantito di rottura a trazione 410 N/mm^2
- Fe — simbolo del ferro

acciai non legati al carbonio	C + % di carbonio x 100

C 40
- 40 — carbonio 0,4%
- C — simbolo del carbonio

acciai debolmente legati	% carbonio x 100 + simboli alliganti + % alliganti x fattore moltiplicazione

16 Mn Cr 5
- 5 — manganese 1,25 %
- Cr — contiene cromo
- Mn — contiene manganese
- 16 — carbonio 0,16%

Fattori di moltiplicazione

4	per cobalto, cromo manganese, nichel, silicio, tungsteno
10	per alluminio, molibdeno, rame, titanio, vanadio
100	per azoto, fosforo, zolfo
1000	per boro

La percentuale effettiva dell'elemento si ottiene dividendo il numero che compare nella designazione per 4, 10, 100 o 1000 secondo i casi.

acciai fortemente legati	% carbonio x 100 + simboli degli elementi alliganti + % alliganti

X 10 Cr Ni 18 8
- 8 — manganese 1,25%
- 18 — cromo 18%
- Ni — contiene nichel
- Cr — contiene cromo
- 10 — carbonio 0,1%
- X — simbolo degli acciai fortemente legati

Sono acciai fortemente legati quelli in cui almeno un elemento di lega ha una percentuale superiore al 5%.

TABELLA **8**. Alcuni esempi di designazione unificata degli acciai (UNI 5372-70) precedente alla nuova designazione europea (EN10027).

2 Designazione unificata degli acciai

La designazione unificata dei materiali consente l'intercambiabilità dei pezzi. Ciò non solo comporta vantaggi tecnici e commerciali, ma riduce anche i costi di produzione e di stoccaggio (TABELLA **8**).

L'UNI EU 27 (~~TABELLA 8~~) è l'insieme delle norme di unificazione italiana, quello tedesco la DIN, l'ISO quello internazionale, l'AISI quello degli Usa eccetera. Si veda in Appendice la nuova norma europea EN10027.

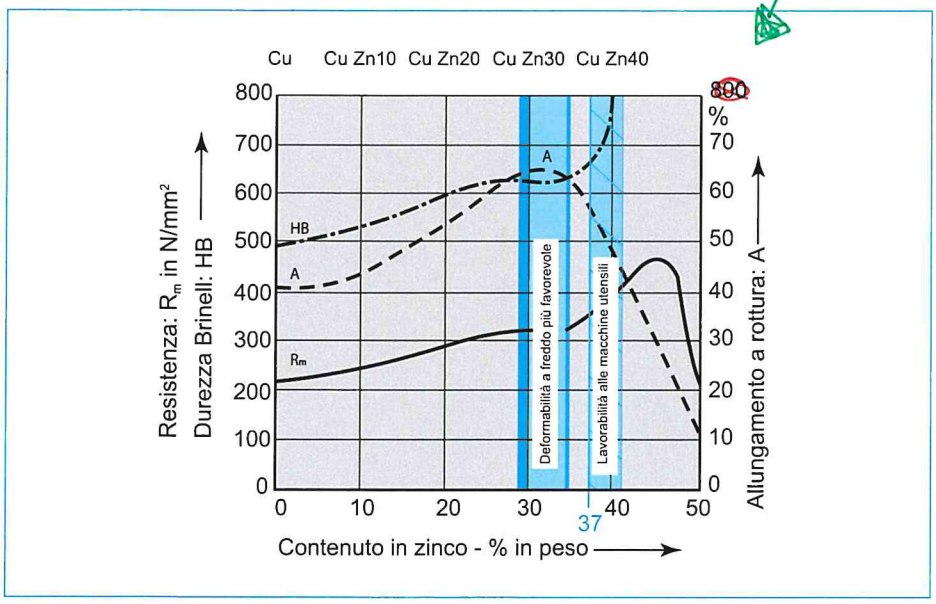

FIGURA **4**. Proprietà delle leghe CuZn in dipendenza del contenuto di zinco (ricottura a 20 °C).

Elementi di lega	Effetti sugli ottoni
Piombo (< 35%)	aumenta la truciolabilità; esempio: G-CuZn 38 Pb 2
Manganese (≤4%)	migliora la resistenza alla corrosione e la resistenza meccanica (i grani sono fini e uniformi); esempio: G-CuZn 38 Al 1 Fe 1 Mn 1
Nichel	aumenta la resilienza e la resistenza a trazione
Stagno	migliora la resistenza all'acqua di mare; esempio: P-CuZn 28 Sn 1
Alluminio	aumenta la durezza senza perdere in tenacità

TABELLA **5**. Elementi di leghe e loro effetti sugli ottoni.

▶ I bronzi sono costituiti da almeno il 60% di rame.

Al variare delle percentuali dei suoi due componenti fondamentali (Cu e Sn), variano le proprietà del bronzo:

- *bronzi da lavorazioni plastiche* con ≤ 8% Sn. Esempio: P-CuSn 4.
  Con percentuali di Sn maggiori si presenta il pericolo dell'infragilimento. Queste leghe, a causa del loro *elevato limite elastico*, sono impiegate nella costruzione di molle. Sono anche utilizzate per bronzine grazie alla loro caratteristica fluidità superficiale;
- *bronzi da fonderia* con percentuali di Sn superiori (fino al 14%). Sono impiegati per getti di macchine, ingranaggi, cuscinetti a strisciamento (le **bronzine**) ed elementi fortemente sollecitati. Esempio: P-CuSn 4.

(da miscele di argilla e sabbia di quarzo)

più recente introduzione, noti come **materiali ceramici avanzati**. Come i ceramici tradizionali, anche quelli avanzati sono generalmente ottenuti per miscelazione di polveri.

(da miscele di Al_2O_3, SiC, Si_3N

OSSERVAZIONE Lo sviluppo di questi prodotti tecnologicamente avanzati si è reso necessario per i continui sviluppi nel settore della produzione di energia, dall'ingegneria aerospaziale a quella dell'elettronica, per applicazioni alle *elevate temperature*. Questi prodotti sono realizzati partendo da composti puri (o quasi puri) come ossidi (per esempio l'*allumina*, Al_2O_3, detta anche *corindone*), carburi, specie il *carburo di silicio* (SiC), e il *nitruro di silicio* (Si_3N_4).

2 Impieghi

I materiali ceramici industriali (o «tecnici») che vengono prodotti con processi chimici industriali trovano larghissimo impiego in quasi tutti i settori industriali e nelle applicazioni biomediche, possedendo proprietà particolarmente utili come *l'elevata resistenza alla compressione, il basso coefficiente di attrito, la biocompatibilità*. Per la loro *elevata resistenza alle alte temperature* (anche oltre 1400 °C) si utilizzano nei forni per la produzione della ghisa (altoforno), nella produzione del vetro, in particolare nei crogiuoli delle fonderie, nei componenti per motori a elevate prestazioni, nella combustione, come negli inceneritori e nei reattori chimici, in edilizia, nella realizzazione dei caminetti, e come scambiatori di calore per impianti chimici. Ceramici resistenti all'usura (tribologici) sono utilizzati come piani inclinati, tubature, pareti e parti di cicloni, parti di pompe, cuscinetti a sfera e parti di valvole. Vari processi manifatturieri beneficiano dell'utilizzo dei materiali ceramici: per esempio, gli stampi per imbutitura e per metalli da estrusione sono realizzati con materiali ceramici, specialmente se devono lavorare ad alte temperature. I materiali ceramici avanzati sono utilizzati nella realizzazione di protezioni termiche

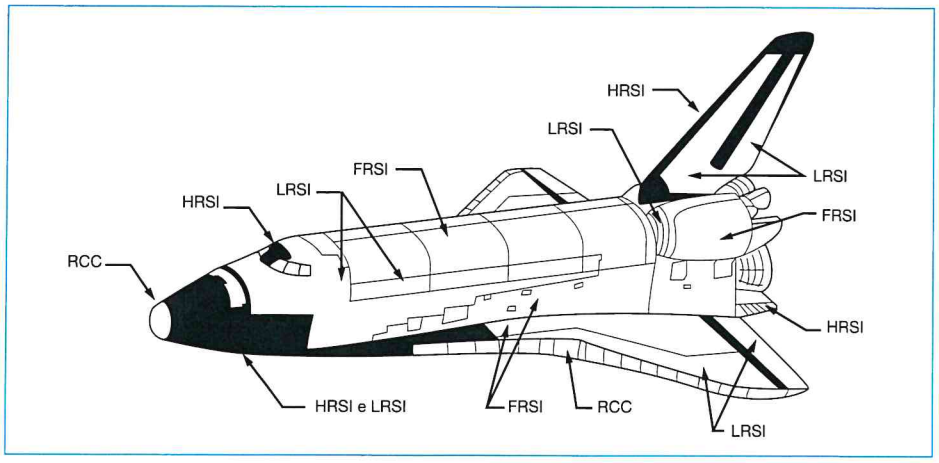

FIGURA **1**. Esempio di applicazione di ceramici avanzati resistenti a forti sollecitazioni termiche.

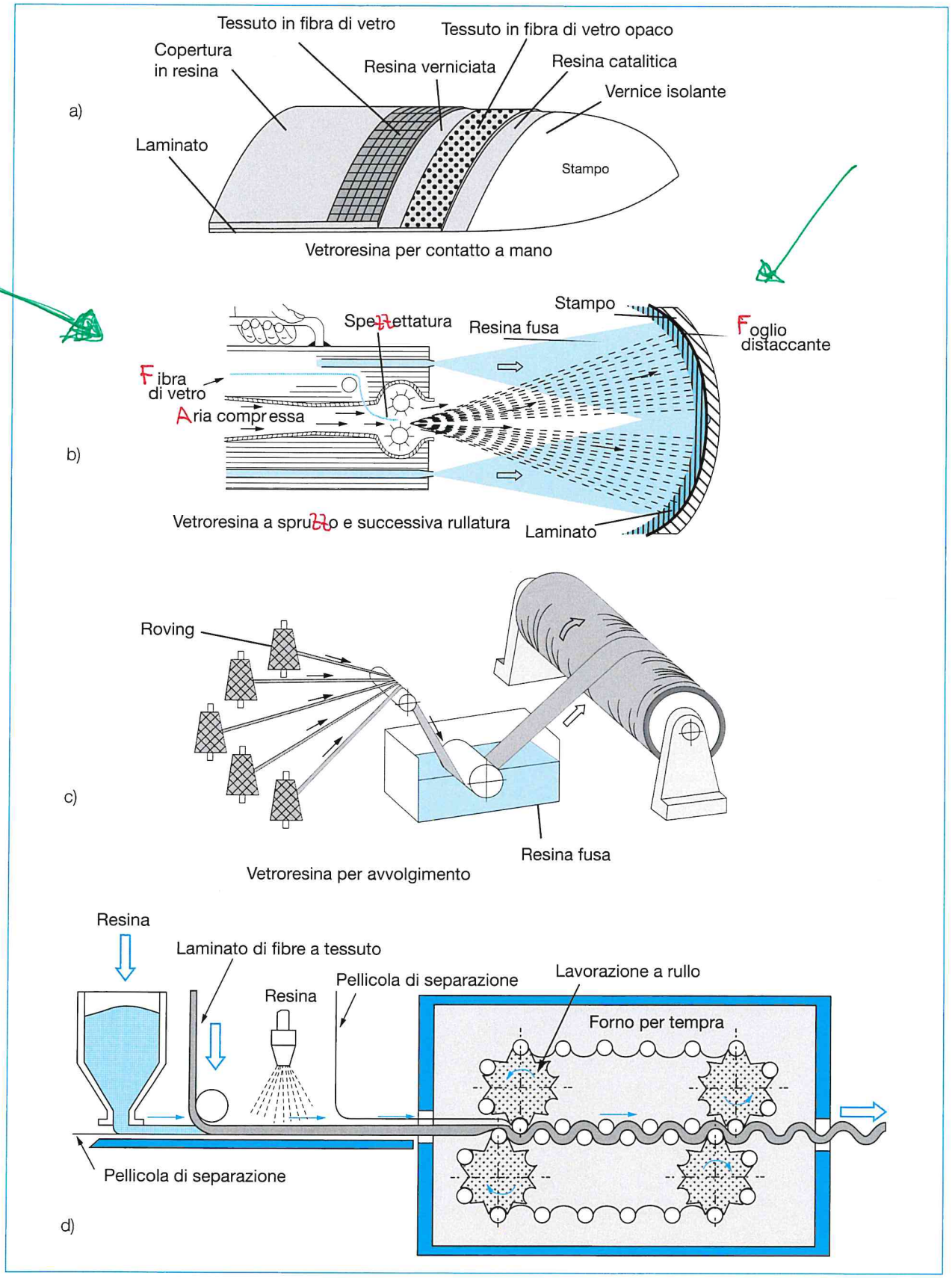

FIGURA **20**. Tecniche di fabbricazione. Si vede lo stampo preverniciato, il secondo strato di resina catalizzata, le fibre sminuzzate e disposte casualmente (a mat), un secondo strato di resina, poi sopra una disposizione a tessuto delle fibre e infine un ultimo strato di copertura. Il laminato è il prodotto finale.

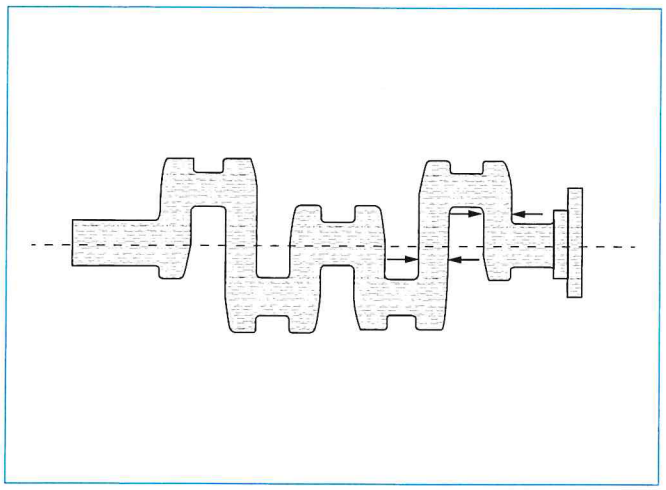

FIGURA **8**. Confronto tra un albero a gomito quale risulterebbe se ottenuto per taglio di un massello tramite macchina utensile.

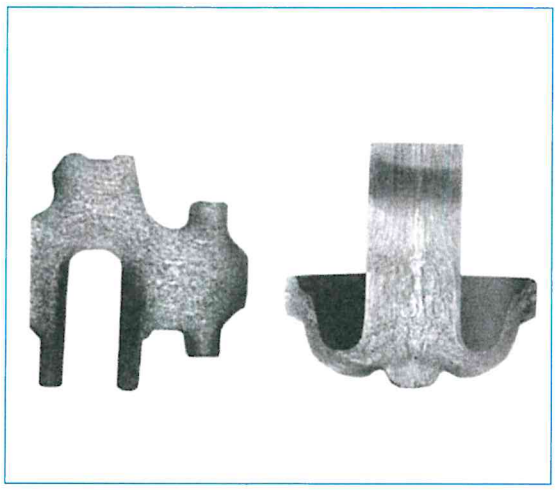

FIGURA **9**. Strutture fibrose di un pezzo stampato.

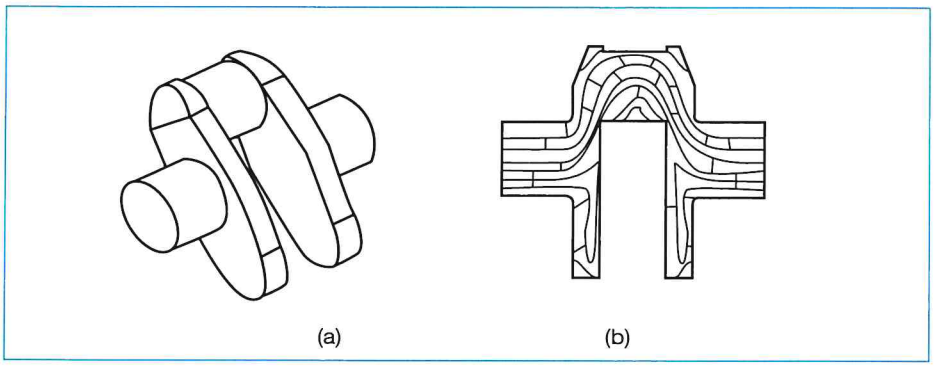

FIGURA **10**. Struttura fibrosa mantenuta dopo lo stampaggio.

Vantaggi dello stampaggio a caldo

Anche lo stampaggio a caldo permette di ottenere pezzi con una buona precisione dimensionale e di forma, una buona finitura superficiale e più elevate caratteristiche di *resistenza meccanica*, di *resilienza* e di *resistenza alla fatica* rispetto ai getti da fonderia e alla lavorazione con le macchine utensili, data la *struttura fibrosa* dei pezzi stampati (FIGURE ~~8~~, **9** e **10**). Si ha *risparmio di materiale* e, per grandi lotti di pezzi, il vantaggio rispetto alle altre lavorazioni è anche *economico*. Infatti, nel confronto con le altre lavorazioni, bisogna considerare che l'elevato costo delle presse, dei magli e degli stampi può essere ammortizzato solo per produzioni di serie.

Confronto tra deformazione a caldo e a freddo

Rispetto allo stampaggio a freddo, lo stampaggio a caldo necessita di più ridotte forze di deformazione e permette maggiori deformazioni senza pericoli di crepe o cricche; per contro, la deformazione a freddo può raggiungere una maggiore precisione e, con l'incrudimento, un ulteriore incremento della resistenza meccanica e non ha il problema dell'ossidazione superficiale.