



## **CHRISTOPHER CORTI**

COReGOLD TECHNOLOGY, READING, U.K.

**Chris Corti** ha maturato oltre 35 anni esperienza nell'industria dei metalli preziosi presso Johnson Matthey, World Gold Council e COReGOLD Technology. Si è dedicato ai materiali per il settore gioielleria e alla tecnologia manifatturiera presso il World Gold Council, tenendo seminari e pubblicando le riviste Gold Technology e Gold Bulletin oltre ad una serie di manuali per il settore gioielleria in oro in qualità di Editore. Ha operato alla guida della task force MJSA/WGC sulla definizione dell'oro bianco ed ha spesso esposto presentazioni ai Simposi di Santa Fe e alle conferenze JTF su una serie di tematiche. Ha, inoltre, promosso le applicazioni industriali dell'oro ed ha lavorato, in qualità di coeditore, ad un libro dal titolo Gold: Science & Applications, pubblicato nel dicembre del 2009. Gestisce attualmente la propria società di consulenza COReGOLD Technology e fornisce consulenze alla Worshipful Company of Goldsmiths di Londra.

*La tecnologia manifatturiera dei gioielli è progredita notevolmente negli ultimi 10 anni del JTF. In particolare, abbiamo notato un ampio aumento nell'impiego della produzione con macchine e soprattutto della tecnologia digitale - CAD/CAM, produzione e prototipizzazione rapide – in combinazione con le tecnologie convenzionali come la fusione a cera persa e la metallurgia delle polveri. Ci sono stati anche sviluppi nella tecnologia delle leghe di metalli preziosi che hanno permesso di adeguare le leghe ai bisogni dei processi manifatturieri, nonché di garantire il miglioramento delle prestazioni quando vengono indossate dal cliente. Le leghe d'argento resistenti alle "Macchie da fuoco" (firestain) e all'ossidazione costituiscono un ottimo esempio in questo caso.*

*Conviene pertanto cercare di prevedere il futuro e analizzare il percorso della tecnologia manifatturiera nei prossimi 10 anni. Non ci sono dubbi sul fatto che le tecnologie digitali continueranno ad avere un impatto crescente, ma possiamo anche anticipare che i limiti attuali delle tecnologie convenzionali, come la fusione a cera persa e la produzione di polveri, verranno superati di conseguenza. Questo fenomeno aumenterà le esigenze rispetto alla tecnologia delle macchine. Possiamo aspettarci anche che le vecchie tecnologie ritornino di nuovo in auge grazie a nuovi sviluppi. La motivazione continuerà ad essere il miglioramento dell'efficienza sia nell'uso dei materiali che nei rendimenti, con una conseguente diminuzione dei costi e un ampliamento delle opportunità di design e della sua personalizzazione. Inoltre, la richiesta di gioielli etici e sostenibili si aggiungerà alle esigenze generali. Gli esempi comprendono l'uso della biomimetica per produrre gioielli più resistenti e più leggeri con design innovativi, realizzati tramite tecnologie manifatturiere rapide come i nuovi processi di sinterizzazione/fusione laser e gli sviluppi nell'uso di mix di colori, verniciature e leghe per creare nuovi effetti di design e migliorare la prestazione del servizio.*

# Nei Prossimi 10 anni: La Produzione di gioielli nel 2024!

Il Jewellery Technology Forum festeggia, quest'anno, il decimo anniversario dalla fondazione nel 2004. Il raggiungimento della meta dei 10 anni testimonia fortemente le capacità avute nel rispondere alle importanti necessità dell'industria gioielliera, non solo qui in Italia ma anche in Europa ed oltre. Mi congratulo con gli organizzatori per il coraggio dimostrato nell'inaugurare il JTF, per l'indubbio successo registrato, e auguro loro di proseguire con questo successo nei prossimi 10 anni.

Se guardiamo al primo JTF nel 2004<sup>1</sup>, 16 furono le presentazioni di esperti da tutto il mondo a copertura di una serie di materiali - oro, platino e argento - e di processi manifatturieri, quali la fusione a cera persa, i gioielli forati e la saldatura laser di catena. Furono affrontati anche argomenti riguardanti la qualità, la salute e la sicurezza e il design creativo, tutte tematiche affrontate regolarmente nella maggior parte dei forum JTF. Oggi, può sorprendere il fatto che le tecnologie che si avvalgono di computer, come i sistemi CAD/CAM e la Prototipizzazione Rapida, non siano state affatto messe in evidenza nella conferenza originale!

Ovviamente, la tecnologia per la manifattura di gioielli ha compiuto progressi sostanziali negli ultimi 10 anni. In particolare, abbiamo notato un aumento nell'impiego della produzione con macchine e soprattutto della tecnologia digitale - CAD/CAM, produzione e prototipizzazione rapide - in combinazione con le tecnologie convenzionali come la fusione a cera (persa) e la metallurgia delle polveri. Sono stati dimostrati anche i vantaggi del modelling mediante computer del processo di fusione a cera persa. Parimenti, ci sono stati anche sviluppi nella tecnologia delle leghe di metalli preziosi che hanno permesso di adeguare le leghe ai bisogni dei processi manifatturieri, nonché di garantire il miglioramento delle prestazioni quando vengono indossate dal cliente. Le leghe d'argento resistenti alle "Macchie da fuoco" (firestain) e all'ossidazione costituiscono un ottimo esempio in questo caso. In questi settori, il JTF ha svolto un ruolo guida nella diffusione degli ultimi sviluppi tecnologici e delle Best Practice nella nostra industria e ci ha dato la fiducia necessaria per aggiornare la nostra tecnologica manifatturiera al fine di migliorare la qualità e la produttività, oltretutto innovare il design.

Il 10° Anniversario del JTF rappresenta un buon momento per riflettere sul progresso raggiunto ma costituisce anche un'opportunità per guardare al futuro e considerare verso dove evolverà la tecnologia manifatturiera nei prossimi 10 anni. Quali tecnologie utilizzeremo nel 2024? Quanto segue in questa presentazione è una visione personale.

## **GLI SVILUPPI NEGLI ULTIMI 10 ANNI**

È sempre molto istruttivo guardare alla storia e osservare i progressi avvenuti; questo serve a configurare i futuri scenari di sviluppo. Dovremmo considerare non solo la tecnologia - materiali, macchine e processi - ma anche altri fattori come le tendenze del design e le forze del mercato che influenzano le esigenze tecniche e motivano lo sviluppo di nuove tecnologie.

### ***Tendenze del Mercato e del Design***

Forse, la maggiore influenza è stata quella del costo della manifattura dei gioielli in occidente, dove i costi del lavoro costituiscono una porzione significativa del costo di produzione. Questo ha determinato lo spostamento di una sempre maggiore produzione in serie di gioielli dal prezzo basso-moderato in paesi orientali come Cina, Thailandia e India, dove i costi del lavoro sono significativamente più bassi. La qualità del prodotto ha, forse, sofferto inizialmente ma, adesso, non è più così. Inoltre, abbiamo osservato una crescita sostanziale del mercato della gioielleria in questi mercati in via di sviluppo, soprattutto in Cina, grazie allo sviluppo delle economie orientali. Questi mercati attraggono sempre più i produttori occidentali che ricoprono, con successo, una posizione leader nel design innovativo. Italia ed Europa sono riconosciuti come leader nel design a livello mondiale.

Questa tendenza ha messo sotto crescente pressione i produttori europei per quanto riguarda l'abbassamento dei relativi costi di produzione attraverso il miglioramento della produttività e l'impiego delle ultime tecnologie basate sulle macchine e delle migliori pratiche. Quindi, un approccio 'just-in-time' di produzione snella, associato alla massimizzazione del volume di produzione dei flussi di valore, così come esposto nella Teoria dei Vincoli<sup>2,3</sup>,

è stato favorito assieme ad un concetto di Qualità Totale. Oltre a ciò, è stata posta enfasi su una maggiore qualità prodotta e un design innovativo quale modo attraverso cui mantenere e far crescere la quota di mercato, ovvero spostarsi al settore di mercato dal più alto valore aggiunto. Come appena osservato, l'Europa viene considerata un leader dal punto di vista del design.

Si rende qui necessario specificare che la produzione in Estremo Oriente è passata dai vecchi laboratori artigianali dei tradizionali orafi all'adozione delle moderne tecnologie con macchinari in grandi fabbriche. Alcune delle fabbriche tecnologicamente più avanzate che ho visto si trovano in Estremo Oriente!

Un'altra importante tendenza del mercato, soprattutto in Europa e in altri mercati occidentali, è stata la preferenza per gioielli in metallo prezioso bianco - argento, oro bianco, platino e, più di recente, palladio. Contestualmente all'aumento dei prezzi dei metalli preziosi, questo ha determinato pressioni per quanto riguarda il miglioramento sia delle leghe sia dei processi di produzione con certa enfasi posta anche su prodotti di peso più leggero per andare incontro ai limiti di prezzo. Anche la crescita della popolarità dei gioielli di marca ha segnato una considerevole tendenza, con i grandi marchi emergenti nel settore di riferimento del design di alta gamma, dove è possibile ottenere margini alti con volumi di mercato significativi.

Dal lato del design, ho fatto riferimento ad una continua e crescente domanda di design innovativo, ma è presente anche la tendenza a produrre gioielli personalizzati, ogni pezzo dal design unico per il cliente. Le nuove tecnologie computerizzate hanno svolto un ruolo sempre più vasto nel consentire tale innovazione nel design e nel lanciare un nuovo prodotto sul mercato più velocemente. Le recenti presentazioni in occasione del JTF divulgate da Beatriz Biagi<sup>4</sup> e da altri<sup>5</sup> hanno dimostrato questa tendenza.

Infine, sarà fatta menzione del crescente interesse commerciale, da parte del cliente, nella gioielleria prodotta a partire da materiali approvvigionati eticamente, "sicuri" e realizzati in modo socialmente responsabile - gioielli "eco". Parlerò ulteriormente in relazione a questa tendenza, voglio però esprimere la problematica delle allergie cutanee al nichel che impatta particolarmente sugli ori bianchi; questo ha prodotto conseguenze sul mercato.

### ***Leghe e rivestimenti per gioielli***

Le leghe per gioielli convenzionali - ori in carati, argento puro e leghe di platino 950 - sono state sviluppate e utilizzate, con successo, per molti anni. Tuttavia, alcuni hanno osservato lacune laddove sarebbero auspicabili miglioramenti. Primi tra tutti l'argento e la fusione di platino. Potrei, in aggiunta, fare riferimento al desiderio di ori 24 carati e persino superiori più resistenti.

L'argento puro, ad esempio, domina il mercato dei gioielli in argento ma questa lega argento-rame è relativamente blanda e soffre di fenomeni di firestain e di scarsa anticorrosione. Oggi disponiamo di una migliore comprensione delle cause dei fenomeni di firestain e di corrosione, e dei metodi attraverso i quali testare le leghe per valutarne la resistenza<sup>6,7</sup>. La nostra industria ha adottato due approcci per affrontare questa problematica: sviluppo di leghe migliorate e rivestimenti protettivi. Dovremmo notare che leghe anti-corrosione non sono possibile per via di considerazioni termodinamiche. È solo possibile ritardare la comparsa della corrosione.

È stato sviluppato un certo numero di nuove leghe d'argento puro dalla migliore resistenza ai fenomeni di firestain e corrosione, e molte di queste sono prontamente reperibili sul mercato. In genere consistono in piccole aggiunte di germanio o silicene nella lega, spesso con diminuzione del rame, favorendo la formazione di un sottile strato di ossido trasparente sulla superficie piuttosto che di solfuri rame/argento nero associati alla corrosione. Tali leghe sono state descritte, ad esempio, in occasione dei simposi di Santa Fe e del JTF<sup>8</sup>. Altri sul mercato mostrano piccole aggiunte di metalli del gruppo oro o platino ma non sono però efficaci dal punto di vista di una maggiore resistenza. I tentativi di rinforzare gli argenti puri sono stati dimostrati con successo<sup>9</sup> inoltre, alcuni dei nuovi argenti resistenti alla corrosione possono essere anche induriti mediante invecchiamento<sup>8</sup>.

L'altro approccio è stato quello di sviluppare rivestimenti sottili, alcuni trasparenti, per garantire protezione contro la corrosione. Ad esempio, Isomäki ha segnalato rivestimenti a base di ossido di alluminio trasparenti su argento puro depositati mediante Atomic Layer Deposition (ALD)<sup>10</sup>. Sono privi di puntinature e mostrano una buona resistenza alla corrosione e all'usura. Actis Grande ha dimostrato effetti simili con i rivestimenti a base di silicio CVD migliorati con plasma<sup>11</sup>. Legor ha segnalato rivestimenti a base di resina colorata contenenti particelle ceramiche in nanoscala applicate mediante elettroforesi<sup>12</sup>. Questi mostrano una migliore resistenza alla corrosione e all'usura, e possono essere ottenuti in una varietà di colori per fornire un effetto decorativo.

Nella precedente sezione ho parlato di gioielli 'eco' e, in special modo, del problema delle allergie cutanee causate da nichel e della cosiddetta gioielleria 'sicura' (ovvero non allergica). Come a tutti noto, nel 2002, l'Ue ha

prodotto norme per mettere al bando l'impiego del nichel negli articoli di gioielleria. Ciò trova applicazione, in special modo, rispetto agli ori bianchi che impiegano per tradizione il nichel quale metallo di lega per sbiancare il colore dell'oro<sup>13</sup>. Questo ha portato l'Europa ad utilizzare gli ori bianchi dal basso contenuto di nichel per soddisfare i requisiti di emissione del nichel. In genere non mostrano un buon colore bianco<sup>14</sup> e richiedono un rivestimento superficiale a base di rodio. L'ampio utilizzo del palladio, quale efficace sostituto del nichel, si limita alle leghe commerciali a causa di fattori tecnici ed economici. Molta ricerca è stata svolta per sviluppare migliori ori bianchi privi di nichel o conformi ai richiesti rilasci di nichel, ma con un successo molto limitato<sup>14,15</sup>. Un aspetto fondamentale, oggi, è che i regolamenti Ue sono stati recentemente modificati e i requisiti di rilascio del nichel sono più severi.

### **Processi di produzione**

Nel corso dell'ultimo decennio si è assistito ad un continuo cambiamento nel settore della tecnologia manifatturiera. Con l'evoluzione dei processi e delle macchine esistenti, sono comparse nuove tecnologie e sono state fatte alcune incursioni. Non posso descriverle tutte ma posso concentrarmi sulle principali secondo il mio punto di vista. Con la crisi dell'economia nel corso degli ultimi anni, è stata posta attenzione di recente sul risparmio dei materiali e sul miglioramento delle prestazioni di macchine e processi per soddisfare le esigenze del mercato.

#### **a) Fusione a cera persa**

Se guardiamo agli ultimi 10 anni circa, il più grande processo manifatturiero da noi utilizzato nella nostra industria, e che è stato oggetto di una maggiore attenzione, è il processo di fusione a cera persa e i sottoprocessi in esso previsti. Al JTF, circa il 30% delle presentazioni degli ultimi 10 anni ha analizzato questo argomento, ad esempio. Quindi, in questo periodo sono stati compiuti progressi significativi? La risposta è 'Sì, li abbiamo compiuti' in alcune aree significative.

In primo luogo, l'arte del taglio su stampo in gomma e la disposizione di similpietre su stampo in gomma o su cere da esse prodotte (per la fusione con pietre premontate) ha raggiunto nuovi apici e il compianto Hubert Schuster è stato, probabilmente, uno dei migliori esperti mondiali in questo campo. I partecipanti abituali al JTF sapranno che ha condiviso le proprie conoscenze con noi al JTF in varie occasioni<sup>16</sup> e che le risorse della nostra industria sono aumentate.

Sono stati, inoltre, riferiti importanti progressi nella fusione del platino<sup>17</sup> e, recentemente, Fryé ha dimostrato in che modo la Pressatura isostatica a caldo, eseguita in seguito alla fusione, possa ridurre i difetti e consentire un miglioramento della qualità di fusione<sup>18</sup> con il beneficio aggiuntivo di migliori proprietà meccaniche. L'avvento del palladio come metallo per gioielli negli ultimi anni ha richiesto nuove attività di ricerca nella lavorazione dello stesso in questo ambito; la fusione si è rivelata una preoccupazione particolare e si sono registrati avanzamenti tecnologici<sup>19</sup>.

Abbiamo anche migliorato le nostre conoscenze circa la fusione dell'argento<sup>20</sup>; questi studi sono risultati in linee guida pratiche per assicurare fusioni di qualità più compatibili e prive di difettosità.

#### **b) Modelling computerizzato della fusione**

L'utilizzo del modelling computerizzato del processo di fusione a cera persa negli ultimi anni<sup>21</sup> ci ha portati ad un altro livello di comprensione del processo. La sua capacità di predire le caratteristiche termiche in modo dinamico produce vantaggi importanti nella previsione della probabilità di difetti come la porosità e nell'assistere all'ottimizzazione dello schema ad albero di fusione e dei parametri di fusione. La maggior parte del lavoro svolto ha riguardato gli ori in carati e l'argento, pur beneficiandone anche il platino. Comprendiamo adesso le caratteristiche del processo di fusione con ribaltamento rispetto alla fusione centrifuga del platino.

#### **c) CAD/CAM e Prototipizzazione rapida (Stampa 3D)**

Il progresso maggiore, nel corso degli ultimi 10 anni, è stato ottenuto nell'utilizzo di CAD/CAM e, in special modo, nelle tecnologie di Prototipizzazione rapida (stampa 3D). L'impiego di dette tecnologie è ormai diffuso nella nostra industria. Il progresso nello sviluppo di macchinari e nelle resine per stampi di applicazione nel settore della gioielleria è divenuto sostanziale. Osserverò, qui, l'avvento del kit di assemblaggio Fai da Te di una macchina RP venduta al dettaglio a 3.000US\$ sotto forma di kit<sup>22</sup>; in questo modo, è stato garantito l'accesso a tecnologie di stampa 3D economiche ai piccoli designer/artigiani gioiellieri. Particolare attenzione è stata rivolta alla fusione a cera diretta di resine, sia in termini di polveri di fusione su misura sia in termini di qualità di fusione<sup>23</sup>. Questo approccio è oggi considerata una Manifattura Rapida.

#### d) Metallurgia delle polveri e manifattura rapida

L'utilizzo di processi metallurgici a base di polveri nella produzione di gioielli preziosi mostra intrinsecamente molti aspetti di attrazione, soprattutto di natura economica, dato il poco materiale di scarto, uno svantaggio nelle tecniche di lavorazione tradizionali quali la fusione a cera persa e lo stampaggio. Tuttavia, ha riscontrato soltanto un interesse limitato nella produzione di semplici anelli nuziali<sup>24</sup>. Un certo interesse è stato sollevato rispetto allo stampaggio ad iniezione dei metalli (Metal Injection Moulding) per parti dalle forme più complesse, tuttavia non si è trasformato in un processo di produzione convenzionale<sup>25</sup>. Strauss ha rivolto la propria attenzione a vari fattori, compresa la mancata reperibilità di polveri di leghe di metalli preziosi.

Tuttavia, negli ultimi 2-3 anni si è registrato un cambio sostanziale nello sviluppo delle lavorazioni con processi di Manifattura rapida delle polveri di metalli preziosi, con l'impiego di tecnologie di sinterizzazione o di fusione laser selettive, per la produzione di componenti finiti<sup>26</sup>. Eccellenti revisioni<sup>27</sup> di questa tecnologia e del relativo potenziale nell'industria dei gioielli sono state presentate da Strauss nel 2009 e da Cooper nel 2012.

### NEI PROSSIMI 10 ANNI: LA PRODUZIONE NEL 2024!

Questa sezione costituisce una visione personale del futuro della tecnologia di produzione dei gioielli. Sarà così diversa da quanto a nostra disposizione oggi? La risposta è Sì e No! Senza alcun dubbio, il meglio di quanto da noi utilizzato oggi, quale la fusione a cera persa, continuerà e proseguirà la propria evoluzione, pur con nuovi sviluppi che verranno ad impattare e a modificare la scena manifatturiera. Alcuni avverranno su ampia scala mentre altri troveranno solo una nicchia nell'ampio spettro delle tecnologie in uso. Dobbiamo riconoscere che molta innovazione tecnologica vede il proprio sviluppo e il proprio sfruttamento in altre industrie ingegneristiche, e quindi viene adattata solo in seguito alle esigenze della nostra industria. Questa tendenza proseguirà nel prossimo decennio.

#### *Tendenze del Mercato e del Design*

Ritengo che i prezzi dei metalli preziosi manterranno livelli relativamente alti a causa della relazione 'domanda-offerta'. Alcune previsioni riferiscono un aumento dei prezzi. Dobbiamo riconoscere che l'oro, in quanto anche bene monetario, ha un prezzo che riflette in modo inversamente proporzionale il valore del dollaro US e che serve da tampone in difficili condizioni economiche e politiche. Non prevedo una situazione politica mondiale in ripresa e pacifica nel prossimo futuro. Continuerà a mostrare turbolenze sia naturali sia per causa umana. Inoltre, è possibile prevedere che i paesi in via di sviluppo, quali i paesi BRICS, rafforzeranno le rispettive economie e diverranno forze economiche più forti in concorrenza con USA e Europa. Questa situazione determinerà una crescita del mercato della gioielleria e, forse, altererà le economie di produzione in quei paesi, con l'aumentare del livello della vita.

In termini di design, per gioielleria, moda e beni di lusso, Italia e Europa continueranno ad essere i leader del mercato, ma si osserverà anche un rafforzamento della concorrenza estera. L'Europa dovrà lottare ancor più duramente per mantenere il proprio ruolo dominante. La tecnologia continuerà a svolgere un ruolo qui, dato che l'avvento di nuove tecnologie può aprire nuove opportunità nel settore del design<sup>28</sup>.

Quindi, la manifattura di gioielli in Europa proseguirà a concentrarsi su alta qualità del prodotto e design innovativo, con gran parte del prodotto di fascia bassa realizzato in Estremo Oriente oltretutto in altri paesi in via di sviluppo, quali quelli in Africa, America Centrale e Europa orientale.

Si registrerà, inoltre, una crescita della domanda di gioielli 'eco', e questo porrà una maggiore enfasi sugli approvvigionamenti etici di materiali quali i metalli preziosi e le gemme per evitare i cosiddetti 'materiali di conflitto' che finanziano il terrorismo e danneggiano l'ambiente. Le compagnie minerarie dedicheranno maggiore attenzione alle attività di estrazione socialmente responsabili. La gioielleria ecologica, realizzata a partire da materiali sostenibili accreditati e da produttori socialmente responsabili, si diffonderà maggiormente sul mercato. I piani di accreditamento come quelli previsti per oro e diamanti<sup>29</sup> cresceranno fino a coprire tutti i materiali preziosi e, forse, alcuni dei beni di consumo impiegati nella rispettiva manifattura. Possiamo aspettarci, ad esempio, di vedere una maggiore enfasi sul riciclo dei materiali utilizzati nella manifattura oltre che sulla vecchia gioielleria e sugli scarti della lavorazione di metalli preziosi che sono sempre stati riciclati per ragioni economiche.

Questa categoria abbraccia anche prodotti più sicuri da un punto di vista della salute e, come osservato precedentemente, la Direttiva Ue sul nichel è stata recentemente resa più severa. Questo sta portando nuovi sviluppi rispetto all'oro bianco<sup>30</sup> con l'aspettativa di eliminare del tutto il nichel come metallo di lega. Possiamo, in

aggiunta, aspettarci regolamenti più severi nei confronti di altri metalli e materiali considerati non idonei da un punto di vista della salute. Cadmio e piombo, ad esempio, sono già sotto controllo e, forse, seguirà l'utilizzo di metalli come il cobalto.

Vi sarà, inoltre, un aumento della domanda per migliori prestazioni dei gioielli finiti, come caratteristiche meccaniche, resistenza alla corrosione, qualità e finitura o durata senza deterioramento fisico prematuro. Alcuni di questi aspetti e le relative implicazioni per l'industria sono già stati affrontati in altre sedi<sup>31</sup>, mi limiterò tuttavia ad osservare la necessità di procedure di analisi standard concertate con l'industria cui sottoporre i gioielli finiti, in caso di progressi.

La tendenza a un design personalizzato, a pezzi unici per il cliente, aumenterà con il contributo delle attuali tecnologie di Manifattura rapida che faciliteranno sempre più questa tendenza a livello di costi economici<sup>4, 32</sup>. Dean è stato qui un leader del design dinamico<sup>32</sup>.

### **Nuovi materiali per gioielleria**

#### a) Colori e effetti superficiali

Il mercato richiede sempre nuovi colori e altri effetti decorativi. Ritengo che questa richiesta subirà uno sviluppo nei prossimi dieci anni. Qui vedremo metalli preziosi e ori dai colori inconsueti. L'oro porpora, forse, è il più noto tra questi, ma da un punto di vista commerciale si conoscono anche il blu, il marrone e il nero. Le possibilità che si hanno con tutti i metalli preziosi sono state descritte da Corti<sup>33</sup> mentre le tecnologie pratiche per il relativo utilizzo sono state descritte da altri<sup>34</sup>. Possono essere ottenuti con l'utilizzo di leghe speciali (note come intermetalliche) o mediante trattamenti superficiali e rivestimenti. Tutti compatibili con i regolamenti sul controllo e la punzonatura dei titoli dei metalli. Esistono alcune tecnologie interessanti in questo ambito, come l'incisione laser di superfici e le nanoparticelle.

#### b) Leghe più resistenti

Abbiamo già menzionato l'argento puro più resistente che è possibile ottenere con leghe convenzionali<sup>9</sup> o trattamento a caldo, tuttavia esistono altre possibilità come le microleghe. Bernadin<sup>35</sup> ha dimostrato l'applicabilità di questo concetto ai metalli preziosi di finezza 999/24 carati in giù. Corti ha riassunto questa tecnologia<sup>36</sup> e Wright ha di recente esplorato le leghe a base di argento-titanio come analoghe alla lega oro-titanio '990'<sup>37</sup>, rivelando il tutto come un promettente approccio alternativo delle leghe verso le microleghe. Vi è un crescente interesse all'approccio delle microleghe verso leghe più forti, e non possiamo che prevederne un utilizzo maggiore nel futuro. L'applicabilità alla tecnologia di lavorazione con Fusione Laser Selettiva non è stata ancora dimostrata, il che riserva però scenari interessanti per questa tecnologia.

#### c) Vetri metallici

Altro sviluppo, relativamente nuovo, delle leghe che rivela molti aspetti d'interesse per i produttori di gioielli sono i Vetri metallici (detti anche metalli amorfi), noti come BMG. Sono stati sviluppati materiali a base sia di oro sia di platino<sup>38</sup>. Queste leghe dalla complessa composizione vengono raffreddate rapidamente per conservare uno stato non cristallino, una condizione nella quale mostrano una duttilità straordinaria. Quindi, possono essere lavorate a basse temperature così come la plastica o il vetro. In seguito, possono essere cristallizzate nuovamente a lega normale. La lavorazione di questi materiali è stata dimostrata di recente<sup>39</sup> ed offrono il grande potenziale di un processo di manifattura alternativo dalle uniche opportunità di design.

#### d) Leghe a memoria di forma

Farò, inoltre, menzione delle leghe a Memoria di Forma. Si tratta di speciali composizioni dove la lega ricorda la propria forma originale quando scaldata dopo la deformazione. Besseghini ha informato sulle leghe a base di oro al JFT negli ultimi anni<sup>40</sup>; esse offrono interessanti possibilità rispetto all'applicazione nel settore dei gioielli come la montatura di similpietre e la creazione di gioielli 'dinamici', ovvero gioielli che modificano la propria forma a seconda della temperatura ambiente. Si rendono necessarie maggiori attività di ricerca rispetto all'applicazione pratica di tali leghe e alle opportunità di design da esse create.

## **Nuovi e migliori processi**

### a) Fusione a cera persa

Quale uno dei più importanti processi nella nostra industria, la fusione a cera persa continuerà ad evolvere, soprattutto per andare incontro alle sfide poste dalle tecnologie CAD/CAM e di Prototipizzazione rapida, ovvero ad estendersi a forme più difficili, a spessori più sottili e così via. La tecnologia di fusione per gioielli forati ha di recente avuto modo di progredire <sup>41</sup>, dimostrandosi un'area interessante da comprendere se ulteriormente sviluppabile, ancora in combinazione con tecnologie RP e fusione diretta di modelli di resina. Indubbiamente, assisteremo allo sviluppo continuo delle tecnologie delle macchine di fusione e dei beni di consumo, quali gomme per stampi e polveri di fusione.

Esiste la reale necessità di comprendere meglio la fusione di palladio e platino, e il problema della formazione di difetti. La tecnica di pressatura isostatica a caldo (HIP) garantisce una soluzione parziale a taluni casi aggiuntivi<sup>18</sup>. Il modelling computerizzato può servire a raggiungere una migliore comprensione. Di conseguenza, osserveremo miglioramenti nella tecnica di fusione di platino e palladio.

### b) CAD/CAM e Prototipizzazione rapida (Stampa 3D)

La tecnologia continuerà a migliorare per soddisfare le esigenze dell'industria gioielliera, in termini di qualità superficiale del modello, velocità di lavorazione e flessibilità. Continueranno ad essere sviluppate resine e anche i prezzi dei macchinari si abbasseranno, rendendo la tecnologia più accessibile. Come già osservato in precedenza, un macchinario economico in formato kit è disponibile al costo di soli 3.000 \$. Congiuntamente alla fusione a cera persa, l'applicazione di questa tecnologia crescerà. Posso, inoltre, prevedere che questa tecnologia sarà utilizzata anche con l'elettroformatura, che ritengo costituisca un processo sottovalutato.

### c) Metallurgia delle polveri e Manifattura Rapida: Fusione Laser Selettiva

La tecnologia della Fusione Laser Selettiva (detta anche Sinterizzazione) si trova ad uno stadio interessante del proprio sviluppo, sia in termini di polveri di lega su misura sia dal punto di vista delle risorse tecniche. Offre grandi potenzialità in termini di opportunità di design, ad esempio, la sua applicazione per la produzione di design leggeri su misura, non solo da un punto di vista artistico ma anche ingegneristico/economico. Silva<sup>41</sup> ha regalato una presentazione impressionante in occasione del Simposio di Santa Fe del 2013, dove l'analisi tecnica degli stress eseguita su computer, assieme ad un design intelligente, viene utilizzata per produrre pesi più leggeri, strutture cellulari resistenti che riproducono quelle di un osso naturale - una struttura cellulare interna dove la densità cellulare (da cui deriva la resistenza) varia a seconda del modello di stress imposto. Si tratta della cosiddetta biomimetica e costituisce un approccio entusiasmante.

Potremmo anche prevedere l'utilizzo di diverse polveri di lega colorate in sequenza per produrre modelli di colore interessanti affini a Mokume Gane o in combinazione a strati di metalli diversi per produrre effetti simili, come fatto attualmente mediante saldatura per diffusione degli anelli. Potremmo altresì prevedere la combinazione di componenti prodotti con altre tecniche quale la fusione nel processo, come attualmente possibile con le Argille di Metalli Preziosi.

Il grande quesito che permane rispetto a questa tecnologia è se possa diventare un processo di manifattura principale o rimanere semplicemente una tecnologia di nicchia. Sospetto che l'ultima ipotesi sia quella più verosimile da un punto di vista economico.

### d) Lavorazione analoga a quella per la plastica: Nuovi processi provenienti da altre industrie

Nella precedente sezione sui nuovi materiali è stata fatta menzione della potenzialità dei vetri metallici (BMG). Essi consentono tecniche di lavorazione nuove come riscontrate nell'industria della plastica. Questo sviluppo non è stato ancora sfruttato commercialmente. Di nuovo, offre un'opportunità unica dal punto di vista del design.

Molti dei recenti sviluppi tecnologici in uso nella nostra industria sono stati sviluppati, in origine, in altre industrie come quella automobilistica e aerospaziale e in seguito adattate alle esigenze della nostra industria. La moderna fusione a cera persa è sorta da quella sviluppata per l'industria dentaria e la lavorazione laser, come il taglio, la saldatura e l'incisione, è stata adattata dal settore ingegneristico, come anche CAD, CAM e Manifattura Rapida. Pertanto, nel corso dei prossimi 10 anni, possiamo aspettarci il trasferimento di altre nuove tecnologie di lavorazione.

## CONCLUSIONI

Questa presentazione è stato un viaggio rapido nei materiali e nelle tecnologie manifatturiere impiegate nella nostra industria e nel progresso raggiunto dagli inizi del JTF nel 2004. Si tratta di una visione personale ed alcuni di voi potrebbero osservare un quadro diverso. Ho, inoltre, tentato di trasmettervi la mia visione di sviluppo della tecnologia manifatturiera nei prossimi 10 anni. Potrei non essere qui tra dieci anni per verificare l'esattezza o meno delle mie previsioni, ma molti di voi potranno farlo!

Senza alcun dubbio posso sostenere che i passi del cambiamento continueranno e che saranno compiuti ulteriori progressi. La nostra industria si adatterà alle esigenze del mercato.

## RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare i molti amici e colleghi nell'industria per il sostegno e le informazioni fornite. Inoltre, vorrei rivolgere uno speciale ringraziamento a Massimo Poliero e Andrea Basso e al loro team del JTF per l'invito rivoltomi ad intervenire e per la meravigliosa ospitalità riservatami.

## RIFERIMENTI

Nota: Copie dei documenti presentati ai Simposi di Santa Fe sono disponibili sul sito web: [www.santafesymposium.org](http://www.santafesymposium.org) mentre le copie dei documenti pubblicati sulla rivista *Gold Technology* sono messe a disposizione dal World Gold Council, Londra, [www.gold.org](http://www.gold.org). JTF – Jewellery Technology Forum.

1. Fare riferimento agli Atti del Jewellery Technology Forum: La prima conferenza internazionale sulla tecnologia per la produzione di gioielli "The Gold Industry through Tehnology and Innovation", 18-19 giugno 2004, Monte Grotto, Italia. Organizzata da Legor Srl.
2. A Hill, "Lean manufacturing and theory of constraints principles in the jewelry manufacturing environment", Atti del 15° Simposio di Santa Fe, 2001, ed. E Bell, pub Met-Chem Research Inc., p181-211
3. J C McCloskey & H Hermes, "The application of lean manufacturing and theory of constraints principles in jewelry manufacturing operations", *Gold Technology*, No 34, Spring 2002, p3-12
4. Ad esempio: B Biagi, "Global trends & innovation in the jewellery sector", JTF, 2006; "Jewellery identity project", JTF 2008; "Fine jewellery in an era of communication", JTF 2009; "Global trends and innovation in jewellery: reflections and predictions", JTF 2010; "Trends and design after the advent of new PLM technologies", JTF 2012
5. Ad esempio: D. Nale, "Universal Deformation Tools", JTF 2006 and "Digital sculpture in jewellery design", JTF 2008; G Penfold & F Cooper, "Designing for rapid manufacturing and other emerging technologies", JTF 2008; A Anestrelli, "Protocasting", JTF 2010
6. Ad esempio: E Ramous, "Tarnish testing of silver", JTF 2005; M Grimwade, "An investigation into the practical application of new sterling silver alloys", JTF 2009; A Basso, "Silver tarnishing: reasons and possibilities", JTF, 2010.
7. Si veda anche: J Strauss, "Tarnish-proof sterling silver: understanding the limitations", Atti del Simposio di Santa Fe, 2008, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p307-326 e A Trentin *et al*, "Tarnish phenomena of silver..." *ibid*, p327-376; K Donaldson, "Accelerated testing techniques: A view from the electronics industry", Atti del Simposio di Santa Fe, 2012, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p167-176
8. Ad esempio: P Johns, "Firestain resistant alloys", Atti del Simposio di Santa Fe, 1997, ed D Schneller, Met-Chem Research, p33-67; A Basso, "Silver tarnishing: reasons and possibilities", JTF, 2010; J Fischer-Buehner, "Silver casting revisited: the alloy perspective", JTF 2010; A Menon, "Effect of alloying elements and tarnishing effects in sterling silver alloys", Atti del Simposio di Santa Fe, 2007, ed E Bell, pub. Met-Chem Research, p421-434.
9. J Fischer-Buehner, "Hardening possibilities of sterling silver", JTF 2004

10. N Isomäki, "Thin-film anti-tarnish method for silver – Further study of wearing and nanoscale properties", Atti del Simposio di Santa Fe, 2011, ed E Bell, Met-Chem Research, p329-344; also, "Thin film anti-tarnish method for silver", JTF 2011.
11. M Actis Grande, "Transparent coatings applied in jewelry: A challenge for success?", Atti del Simposio di Santa Fe, 2009, ed E bell, pub Met-Chem Research, p1-28
12. M Gardan, "New nano-composite e-coatings: comparative study of abrasion and tarnish resistance", JTF 2012; anche gli Atti del Simposio di Santa Fe, 2012, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p227-244
13. Vedere, ad esempio: C W Corti, "Basic metallurgy of the precious metals: Part 1", Atti del Simposio di Santa Fe, 2011, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p145-181; anche M Grimwade, Introduction to Precious Metals, Brymorgen Press, Maine, USA, 2009. ISBN978-1-929565-30-6
14. Vedere ad esempio: C W Corti, "What is a White Gold? Progress on the Issues!", JTF 2004.
15. Ad esempio: J Fischer-Buhner & D Ott, "Development of new nickel-free chromium-based white gold alloys", Atti del Simposio di Santa Fe, 2001, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p131-149 ; A Basso, "Development of 18k white gold alloys without nickel and palladium", Atti del Simposio di Santa Fe, 2008, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p31-48
16. H Schuster, "New techniques in preparing and cutting rubber", JTF 2004; "Stones-in-place casting", JTF 2005; "Casting with gems. Not just for inexpensive jewellery, far from it...", JTF 2008; "Innovations in mould preparation and cutting for high precision items", JTF 2010
17. Ad esempio: T Drago, "The role of process parameters in platinum casting", JTF 2011; presentata anche con U Klotz al Simposio di Santa Fe, 2011, ed E Bell, pub Met-Chem research, p287-325; T Fryé, "Platinum alloys in the 21<sup>st</sup> century: a comparative study", Atti del Simposio di Santa Fe, 2010, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p287-326, N Swan, " Casting platinum jewellery – a challenging process", *Platinum Metals Review*, 2007, 51(2). 101 (può essere scaricato gratuitamente dal sito web); J Maerz, "Platinum casting tree design", Atti del Simposio di Santa Fe, 2007, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p305-322
18. T Fryé, "Platinum alloys in the 21<sup>st</sup> century: a comparative study", Atti del Simposio di Santa Fe, 2010, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p287-326 e "The effects of hot isostatic pressing and thermal processing on platinum group metal castings on mechanical properties and microstructures", Simposio di Santa Fe, 2013, da pubblicare negli Atti del 2014.
19. Ad esempio: J Fischer-Buehner, "Palladium alloys for jewellery", JTF 2008 e "Casting of 950 palladium", JTF 2009; P Battaini, "New 950 palladium alloy for casting", JTF 2009 e "Casting of 950 palladium using arc melting", JTF 2010
20. Ad esempio: J Fischer-Buehner, "Improvement of sterling silver investment casting", Atti del Simposio di Santa Fe, 2006, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p217-250 presentata al JTF 2006; I Forno, "Precision casting: innovations and challenges in the traditional process", JTF 2011; J Fischer-Buehner et al, "Silver casting revisited: The alloy perspective", Atti del Simposio di Santa Fe, 2010, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p227-242 e presentata al JTF 2010
21. Ad esempio: J Fischer-Buehner, "Computer modelling of silver casting", JTF 2005 e "Computer simulation of investment casting", Atti del Simposio di Santa Fe , 2006, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p193-216; S Bezzone, M Actis Grande & A Incognito, "Computer simulation of investment casting: experimental verification", JTF 2005; M Actis Grande, "Computer simulation of the investment casting process: widening of the filling step", Atti del Simposio di Santa Fe 2007, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p1-18 and J Fischer-Buehner, "Advances in the prevention of investment casting defects assisted by computer simulation", ibid, p149-172 e presentata al JTF 2008; I Forno, "Precision casting: innovations and challenges in the traditional process", JTF 2011; U Klotz, "Computer simulation in jewellery technology: meaningful use & limitations", JTF 2012 e negli Atti del Simposio di Santa Fe 2012, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p297-319
22. il B9 Creator machine ha ricevuto il premio MJSA 'Thinking Ahead' (Premio per l'Innovazione) nel 2013. C'è un forum B9 dove gli utenti possono condividere le esperienze. Collegarsi a: [www.B9creator.com](http://www.B9creator.com)

23. Ad esempio: A Anastrelli, " ?title?", JTF 2010; M Actis Grande, "Quality excellence in the direct casting of RP resins: Reality or fiction?", Atti del Simposio di Santa Fe, 2011, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p1-36; A Andrews, "The quest for the perfect RP burnout", *ibid*, p53-82; I Forno, "Investment casting process of rapid prototyping resins: importance of a scientific approach for the production of high quality items", JTF 2012; G Dawson, " Direct casting photopolymer resin models", Atti del Simposio di Santa Fe, 2013, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p155-168
24. P Raw, "Gold wedding rings from powder - tomorrow's technology today", *Gold Technology*, **27**, November 1999, p2-8 and "Mass production of gold and platinum wedding rings using powder metallurgy", Atti del Simposio di Santa Fe, 2000, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p251-270
25. J T Strauss, "Powder Metallurgy applications in jewelry manufacturing", Atti del Simposio di Santa Fe 1997, ed D Schneller, pub Met-Chem Research, p105-131; K Wiesner, "MIM technology in the jewellery industry", JTF 2006
26. Ad esempio: N Towe, "Laser sintering process for making hollow jewellery", JTF 2006; J Fischer-Buehner, "Rapid jewellery manufacturing by laser melting of precious metal powders: fact or fiction?", JTF 2012 e negli Atti del Simposio di Santa Fe, 2012, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p177-202; D Zito et al, "Latest developments of Selective Laser Melting technology in gold jewellery production", JTF 2013 ; I Forno & M Actis Grande, "Sintering: applicability of different metallurgical techniques for powders in the goldsmiths industry", JTF 2013; D Zito et al, "Optimisation of the main Selective laser Melting technology parameters in the production of precious metal jewelry", Atti del Simposio di Santa Fe, 2013, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p383-402
27. J T Strauss, "Rapid Manufacturing (RM) and precious metals", Atti del Simposio di Santa Fe, 2009, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p395-416; F Cooper, "Sintering and additive manufacturing: the new paradigm for the jewellery manufacturer", Atti del Simposio di Santa Fe, 2012, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p103-122
28. C W Corti, "Technology is Irrelevant to Jewellery Design – or is it?", Atti del Simposio di Santa Fe, 2003, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p15-28
29. Ad esempio: C W Corti, "Responsible Manufacturing: Being Green and Ethical in the Jewellery Sector", JTF 2011; versione aggiornata presentata al Seminario sulla Gioielleria tenuto presso l'Università di Srinakharinwirot, Bangkok, 11 dicembre 2012. Vedere i riferimenti in questo documento al Responsible Jewellery Council, ICCM, World Gold Council ed altri
30. Ad esempio: A Basso, "White alloys and new regulation EN1811: 2011 on nickel: limitations and opportunities", JTF 2013 e Atti del Simposio di Santa Fe, 2013, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p17-36; S Bezzone, "Nickel release tests on current production jewelry", *ibid*, p71-94
31. C W Corti, "Quality in the Jewelry Industry Beyond 2000: A Review of Progress 1998-2007", Atti del Simposio di Santa Fe, 2007, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p109-124
32. Ad esempio: L T Dean, "Creative approaches to design and manufacturing in the digital age", Atti del Simposio di Santa Fe, 2013, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p169-182; F Cooper, "Sintering and additive manufacturing: the new paradigm for the jewellery manufacturer", Atti del Simposio di Santa Fe, 2012, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p103-122
33. C W Corti, "Blue, Black and Purple! The Special Colours of Gold & other Precious Metals", JTF 2012; anche agli Atti del Simposio di Santa Fe, 2004, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p121-133 e "Special Colours of Gold: Present & Future", C W Corti, presentata alla 1° Jewelry Conference liberica , 8-9 giugno, 2012, Viano Do Castelo, Portogallo.
34. Ad esempio: J Fischer-Bühner, "New Opportunities for Blue and Purple Gold in Jewelry Casting", dal Simposio di Santa Fe, 2009, *Met-Chem Research Inc*, p151-165; U E Klotz, "Blue and Purple Gold: Chance and Challenge", Atti del Simposio di Santa Fe, 2009, *Met-Chem Research Inc*, p229-245 e JTF 2010; vedere anche J H Johnston, K A Lucas, "Nanogold synthesis in wool fibres: novel colourants", *Gold Bulletin*, **44** (2), 2011, p85-89; C Gautier, A Cunningham, L Si-AHMED, G Robert & T Bürgi, "Pigments based on silica-coated gold nanorods...", *Gold Bulletin*, **43** (2), 2010, p94-104; P Daukantas, "Microstructure technique "blackens" metals", *Optic and Photonics News*, Febbraio 2007, p8 e "Researchers create gold aluminium, black platinum, blue silver", *Nanowerk News*, 1 February 2008,

[www.nanowerk.com/news/newsid=4350.php](http://www.nanowerk.com/news/newsid=4350.php). Report sul lavoro di C Guo, pubblicato in *Applied Physics Letters* il 1 febbraio 2008

35. J Bernadin, "Understanding Microalloys", Atti del Simposio di Santa Fe, 2005, Atti del Simposio di Santa Fe, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p53-64.
36. C W Corti, "Microalloying of High Carat Gold, Platinum and Silver", JTF 2005; Anche: "Metallurgy of Microalloyed 24 carat Golds", Atti del Simposio di Santa Fe, Maggio 1999, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p 379 – 402; "Metallurgy of Microalloyed 24 carat Golds", *Gold Bulletin*, **32** (2), 1999, p. 39-47 (Download gratuito dall'archivio all'indirizzo: <http://www.springerlink.com/content/2190-7579>); "Strong 24 carat Golds: the Metallurgy of Microalloying", C.W.Corti, *Gold Technology*, No 33, Winter 2001, p27-36 e "Micro-Alloying of 24 ct Golds: Update", *ibid*, No 36, inverno 2002, p 34.
37. J C Wright, "Exploring silver-titanium alloys", Atti del Simposio di Santa Fe, 2013, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p369-382
38. B Lohwongwatana, "Liquidmetal: Hard 18K and 850Pt alloys that can be processed like plastic or blown like glass", Atti del Simposio di Santa Fe, 2007, ed E Bell, pub Met-Chem research, p289-304
39. Ad esempio: U Klotz, "Gold-based bulk metallic glasses: Hard like steel, moldable like plastics", Atti del Simposio di Santa Fe, 2013, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p221-236 e C Tangpatjaroen, "Cheap and quick thermoplastic process for 18K gold alloys an an alternative to Lost-wax casting", *ibid*, p357-368
40. S Besseghini, "Phase transformation in precious alloys: only spangold?", JTF 2005 e "NiTiAu – A New Shape Memory 9 carat Alloy", JTF 2008
41. E Bell, "Casting lightweight hollow jewelry using 21st century technology", JTF 2012, e Atti del Simposio di Santa Fe, ed E Bell, pub Met-Chem Research, p47-68
42. F S Silva, " Casting low-weight, micro-structured components: Important variables on processing", Presentata al Simposio di Santa Fe Symposium, maggio 2013. Da pubblicare negli atti del SFS del 2014.