

Frank Cooper
Birmingham City
University, UK

Frank Cooper è un professionista di lungo corso nel settore orafa e Professore Associato di tecnologie orafe, nonché Direttore del “Centre for Digital Design and Manufacturing” presso la Scuola di gioielleria di Birmingham. Membro del Goldsmiths’ Craft and Design Council, è un esperto riconosciuto a livello mondiale nell’applicazione delle varie tecnologie di additive manufacturing e prototipazione/stampa in 3D utilizzate nell’industria orafa. Partecipa attivamente a diversi progetti di ricerca nel settore della gioielleria ed è autore e relatore di numerosi documenti e articoli scientifici pubblicati e presentati in tutto il mondo, nel Regno Unito e in Europa, oltre che nel Simposio di Santa Fe in America. La sua attività di ricerca e le sue presentazioni attualmente si concentrano sulle aree dell’additive manufacturing, CAD e prototipazione/stampa in 3D per l’industria orafa e della gioielleria.

Negli ultimi anni, con la scadenza di numerosi brevetti e il boom dei sistemi domestici per la stampa 3D (come ad esempio Fab@Home e RepRap), il panorama della produzione additiva è stato invaso da un'ondata incalcolabile di nuove stampanti “consumer” o “per uso domestico” a basso costo. Per il settore della gioielleria, un risvolto potenzialmente utile di questo fenomeno è stato, tra gli altri, l'avvento di nuovi sistemi economici di Digital Light Processing (DLP), molti dei quali sono stati sviluppati nello specifico per le resine castable (fotopolimeri) e si prestano ai processi di fusione a cera persa eseguiti da orafi e gioiellieri.

“C’è posto per le stampanti 3D a basso costo nella produzione di gioielleria?”

Frank Cooper
Birmingham City
University, UK

INTRODUZIONE

SISTEMI ECONOMICI PER LA STAMPA 3D E LORO DIFFUSIONE

Terry Wohler, rinomato e affermato guru del settore, a capo di un’organizzazione che ogni anno stila il Wohlers Report⁶, nel 2015 scriveva:

Terry Wohler, rinomato e affermato guru del settore, a capo di un’organizzazione che ogni anno stila il Wohlers Report⁶, nel 2015 scriveva:

“Che cos’hanno in comune EmberSurge, 3D Evolution Printer, 3Dom e 3Dponics? E Avatarium, Bondswell, Chemcubed, e Chimak3D? Sono tutte start-up del mercato in rapida espansione della stampa in 3D. Tra queste rientrano anche Cubibot, Dongguan Pioneertr, Fathom, 3D Filkemp, Growshapes e HoneyPoint3D. E la lista non finisce qui. Le avete mai sentite nominare? Io no, fino a poco tempo fa. Queste piccole aziende erano tra gli espositori della fiera Inside 3D Printing tenutasi lo scorso anno a Santa Clara in California. Il boom delle start-up fa parte di un susseguirsi apparentemente ininterrotto di eventi analoghi nel settore della stampa 3D, a testimonianza del fatto che questa tecnologia è stata e continua a essere un ambito maturo in cui è possibile fare innovazione. L’entusiasmo che circonda questa tecnologia e le informazioni messe in circolazione — assieme a una buona dose di pubblicità martellante — stanno portando all’introduzione di molte nuove idee, aziende, attività, modelli di business e prodotti. Ma di queste, quante riusciranno a sopravvivere e avere successo?”

La storia purtroppo insegna che nella maggior parte dei casi non sono destinate a durare. Un articolo pubblicato a settembre 2014 su Fortune⁷ afferma che su dieci start-up, nove falliscono. Va inoltre ricordato che già in passato ci sono state molte aziende del settore della stampa in 3D che hanno chiuso i battenti a breve distanza dalla nascita. Ciononostante, è incoraggiante vedere che tante persone si buttano in questo mercato: è la riprova del fatto che moltissimi imprenditori e investitori sono pronti a scommettere su questo mercato senza farsi scoraggiare dai numerosi ostacoli. È forse un segno che la stampa in 3D svolgerà un ruolo importante nel nostro futuro?”⁸

DMD È SINONIMO DI DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP®)? E COME FUNZIONA?

Il dispositivo digitale a microspecchi (DMD) fu inventato dal Dr Horbeck di Texas Instruments nel 1987. Texas Instruments successivamente registrò DLP® come marchio commerciale per il processo e per i dispositivi DMD di propria produzione e l’acronimo DLP è ora più largamente utilizzato rispetto al nome generico DMD che verrà usato in questo documento. La stampa con processo DMD è simile alla stereolitografia⁹ in quanto rappresenta un processo di stampa in 3D affermato e maturo che funziona con fotopolimeri induriti per mezzo di luce. La differenza principale tra le due tecnologie consiste nella sorgente luminosa utilizzata per solidificare la resina polimerica: il processo DMD sfrutta infatti una sorgente luminosa più convenzionale, come una lampada per proiettore oppure, più di recente, lampade a LED, mentre la stereolitografia sfrutta varie sorgenti di luce laser. Nel processo DMD la sorgente luminosa viene poi applicata selettivamente a tutta la superficie della vasca di resina fotopolimerica in un’unica passata, creando un profilo di mascheratura che solidifica la resina con un singolo passaggio o lampo di luce. Al posto di utilizzare il calore generato da un’unica sorgente luminosa per indurire la resina, sfrutta una specifica lunghezza d’onda della luce per attivare la reazione chimica della resina. Come la stereolitografia, il processo DMD è in grado di produrre pezzi estremamente precisi con una risoluzione eccellente; inoltre impone gli stessi requisiti di produzione della stereolitografia per le strutture di supporto e il post-trattamento. Tuttavia, il vantaggio del processo DMD è rappresentato dal fatto che basta una vasca poco profonda per far solidificare la resina, riducendo così gli sprechi e i costi di esercizio. Lo schema nella Figura 1 mostra il tipico layout meccanico di un processo DMD.

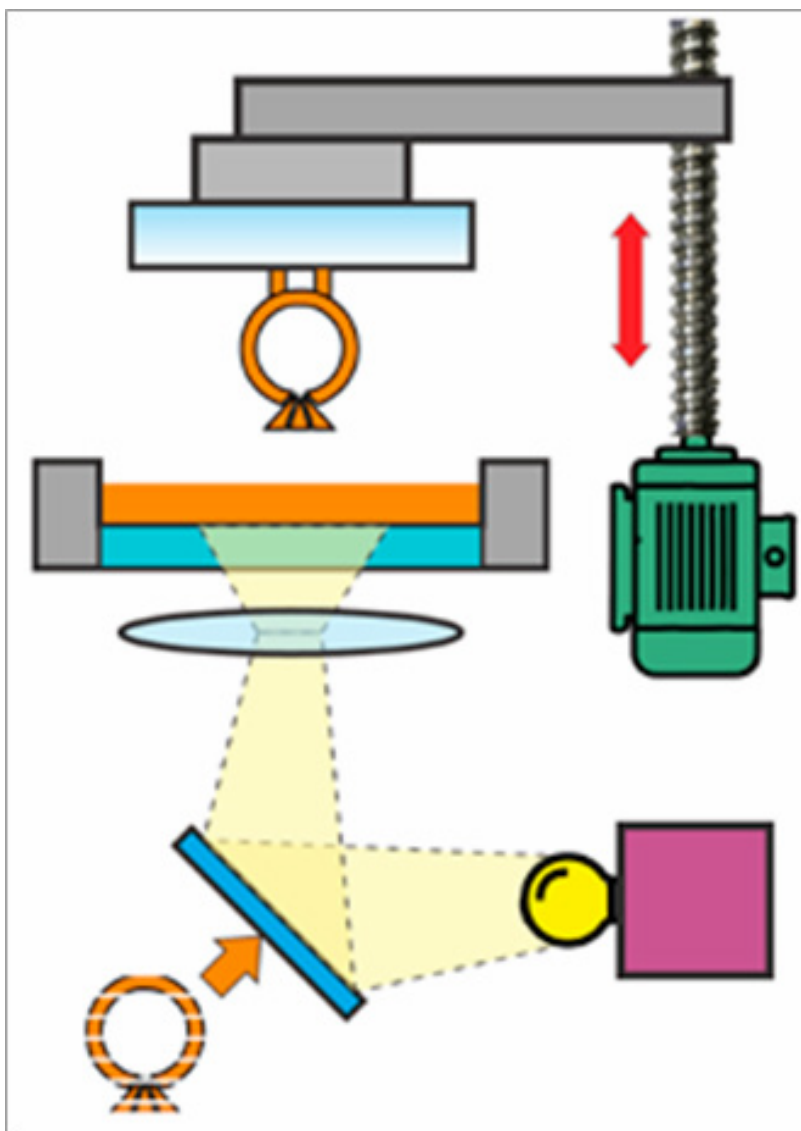


Figura 1 Schema di un tipico processo DLP

Recentemente sono comparse sul mercato tantissime nuove stampanti 3D economiche, molte delle quali sono adatte o specifiche per il settore della gioielleria e stanno avendo un certo impatto sul mercato; tuttavia, come nel caso di un qualunque investimento, prima di acquistarle occorre valutarne attentamente tutti gli aspetti per essere certi di trovare la soluzione adatta alle esigenze della propria attività. Proprio perché non tutte le stampanti DMD desktop sono uguali, questo documento ha l'obiettivo di aiutarvi nella scelta. Alcune di queste stampanti utilizzano i pixel a forma di diamante, presumibilmente per aggirare i brevetti esistenti; tuttavia, per la stampa 3D, la forma quadrata dei pixel è ritenuta da molti determinante per fornire una risoluzione elevata e dettagli nitidi su texture in miniatura specifiche della gioielleria, come le microincastonature e il micropavé. I programmi CAD 3D, così come la maggior parte dell'imaging digitale dalla televisione ai computer, sono basati su uno schema a griglia di pixel quadrati. (Come regola generale: quanto più è costosa la tecnologia DMD, tanto maggiore sarà la probabilità che sfrutti uno schema a griglia di pixel quadrati e una lampada per proiettore.) Provate ad aprire una qualsiasi foto sul vostro computer e a ingrandirla fino a vedere i pixel. Vedrete che sono disposti secondo uno schema quadrato. Quando questi pixel vengono trasferiti a uno schema a diamante, il software deve apportare degli aggiustamenti in modo tale un pixel quadrato venga posizionato all'interno di più pixel. In alcuni casi, questa conversione può lasciare bordi seghettati e/o dare risultati disomogenei. Come mostra la Figura 2, in uno schema a diamante una semplice linea diritta larga un pixel potrebbe trasformarsi in una linea seghettata. La testa di un anello con angoli a 90° potrebbe dimostrarsi impegnativa per lo schema a diamante, ma deve essere precisa e regolare in uno schema con pixel quadrati. Sebbene si stia ragionando in termini di pixel, il modello finito ottenuto con uno schema di pixel a diamante potrebbe non essere altrettanto regolare, il che potrebbe causare in seguito problemi di fusione dovuti alla scarsa qualità del modello e alla fedeltà della risoluzione.

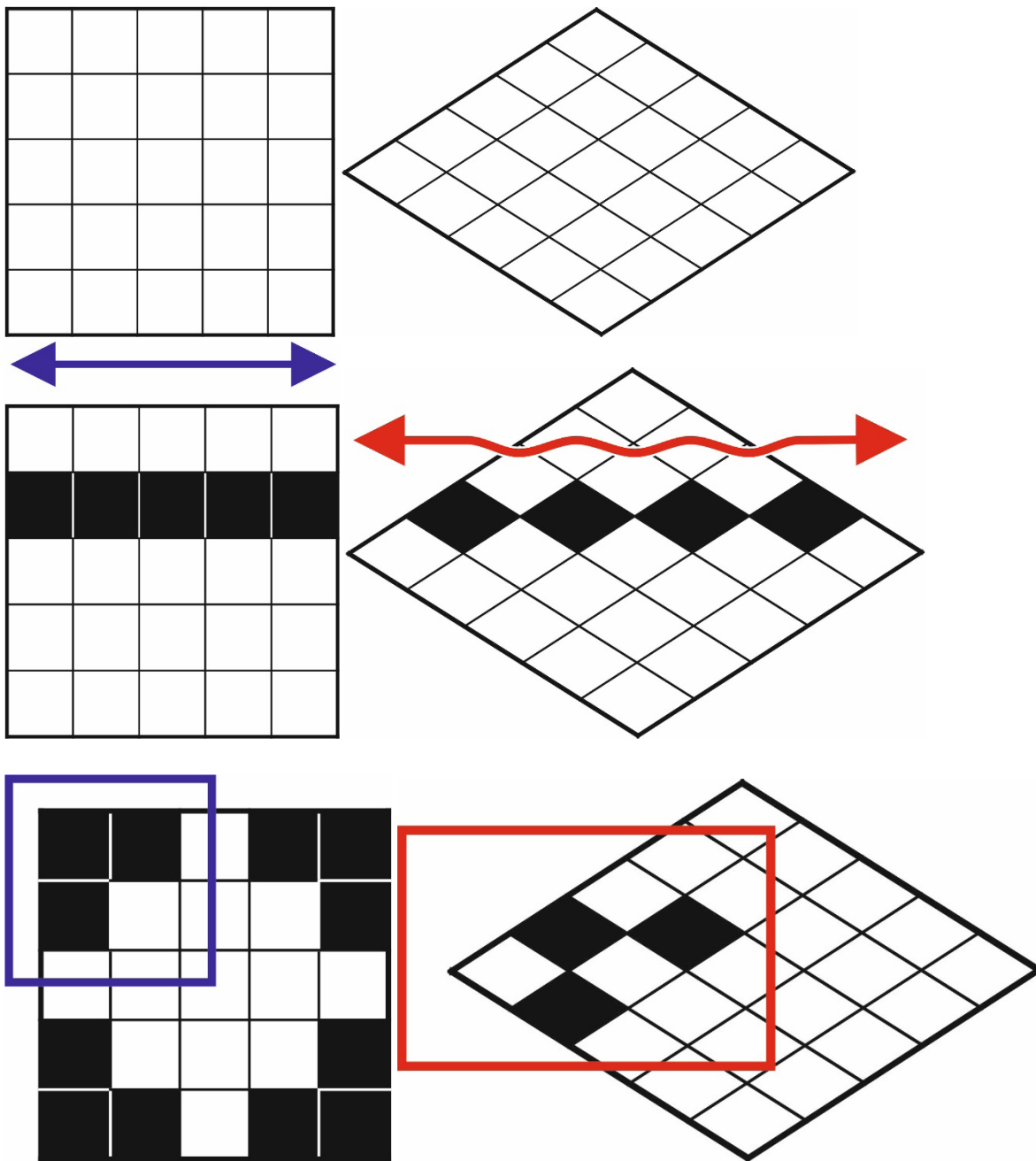


Figura 2 Pixel quadrati e a diamante

La risoluzione a pixel singolo concentrata in modo uniforme sull'involuppo costruzione è l'ideale in quanto consente di ottenere una superficie più regolare e garantisce l'omogeneità di tutti i pezzi sulla piastra di costruzione. Questa omogeneità è talvolta difficile da ottenere con una stampante 3D che utilizza una configurazione di pixel a diamante a causa del processo di conversione da quadrato a diamante che, oltre a causare il problema del bordo esterno seghettato, ha la tendenza allo sfocamento più il pezzo è distante dal centro dell'area di costruzione e della sorgente luminosa. Questo è il motivo per cui molte stampanti DMD economiche di nuova generazione si orientano su piastre di costruzione con superfici ridotta rispetto ai modelli professionali della concorrenza. Un'altra caratteristica orientata al risparmio di queste stampanti 3D economiche, che contribuisce all'effetto di sfocatura e che vale quindi la pena di considerare in questo ambito, è l'utilizzo di ottiche in plastica. Con il passare del tempo, e in presenza di determinate condizioni climatiche, queste lenti in plastica tendono a deformarsi, in particolare se non sono appositamente progettate per l'uso con una sorgente luminosa alla lunghezza d'onda necessaria per solidificare il fotopolimero in lavorazione. Dopo l'esposizione prolungata alla luce con una particolare lunghezza d'onda le lenti potrebbero iniziare ad appannarsi. Con l'aumentare dell'appannamento e della distorsione, la disomogeneità nelle costruzioni potrebbe manifestarsi con una mancata solidificazione completa di alcune parti del modello. Nei limiti del possibile, ci si dovrebbe orientare su stampanti equipaggiate con lenti in vetro industriali ottimizzate per la lunghezza d'onda specifica della sorgente luminosa a LED nel proiettore della stampante. I fotopolimeri sviluppati per l'utilizzo con la stampante dovrebbero inoltre essere ottimizzati per la lunghezza d'onda della luce trasmessa attraverso il vetro. Questa ottimizzazione tra ottiche, lunghezza d'onda della sorgente luminosa e resina, se bilanciata correttamente, fornisce dettagli di alta qualità fino alla risoluzione a pixel singolo costante su tutta l'area della costruzione.

L'hardware e i materiali utilizzati in queste stampanti non sono gli unici ambiti da esaminare con la massima attenzione. Un stampa 3D di buona qualità necessita di modelli con geometria chiusa e a "chiusura stagna". Ciò significa che la griglia del disegno CAD deve essere chiusa senza superfici piegate, buchi o linee e superfici replicate. Quando si predispone un file per la stampa 3D, il modello deve essere supportato in modo strategico all'interno della costruzione, in modo tale che nessun elemento ceda o si rompa durante il processo di costruzione. Tutte le stampanti sono fornite con il proprio software interno di creazione del supporto appositamente sviluppato. (La creazione del supporto per queste tecnologie meriterebbe un paper di ricerca dedicato.) Occorre inoltre un software aggiuntivo per verificare il file CAD: trovare e riparare gli errori è infatti di fondamentale importanza per la creazione/stampa di un buon prodotto finito. Alla Scuola di gioielleria incoraggiamo i nostri studenti a utilizzare il programma Netfabb Basic,10 scaricabile gratuitamente che fa esattamente ciò che promette: un lavoro base, ma efficace, di verifica e riparazione.

Sono state condotte numerose ricerche eccellenti i cui risultati sono stati esposti durante l'ultimo Simposio di Santa Fe sull'utilizzo di file e dati CAD adeguati e sull'uso di fotopolimeri/resine per la stampa di modelli in resina castabile per il settore orafa. Per chi non l'avesse ancora fatto, consiglio la lettura dei seguenti paper di ricerca consultabili nel nuovo ed eccellente archivio online Santa Fe Symposium® che raccoglie tutti i documenti pubblicati del simposio.11

"Designing for Rapid Manufacturing and Other Emerging Technologies"12

"CAD Software for Jewelry Design: A Comprehensive Survey"13

"Digital Design Best Practices"14

"Direct Casting Photopolymer Resin Models"15

"Quality Excellence in the Direct Casting of RP Resins: Reality or Fiction?"16

"Improvements in the Burnout of Resin Patterns"17

La maggior parte delle stampanti 3D economiche per il mercato consumer è fornita con una garanzia limitata e un'assistenza tecnica minima, o del tutto assente se non online, pertanto occorre valutare bene le competenze tecniche e le capacità della propria azienda in termini di supporto tecnico interno per queste tecnologie. Il settore orafa si affida sempre più spesso a tecnologie di produzione avanzata come la stampa 3D per favorire la crescita e lo sviluppo delle proprie attività. I designer e i produttori di gioielli, che desiderano rimanere competitivi investendo in soluzioni per la stampa 3D, hanno a disposizione molte opzioni con prezzi differenti; pertanto, quando ci viene richiesto, io e i miei colleghi suggeriamo di vagliare le opzioni disponibili con grande scrupolosità quando è in gioco la reputazione della propria azienda, per poter scegliere bene e con oculatezza in base alle caratteristiche operative e alla qualità dei prodotti desiderata. Suggestirei di non basare la propria decisione unicamente sul costo!

IL METODO DI RICERCA E IL PROCESSO ADOTTATI

Il presupposto di ogni ricerca condotta dal dipartimento di ricerca della facoltà di Arte, design e media della mia università è porre, evadere e documentare determinati quesiti. È stata questa filosofia a determinare i processi di ricerca e le metodologie di documentazione scelti e descritti in questo particolare progetto di ricerca.

Il processo è stato oggetto di ampio dibattito all'interno del mio team, che esporrò qui per sommi capi iniziando dalla filosofia di ricerca da adottare che doveva tenere conto dalla natura soggettiva delle osservazioni proposte. Le ragioni che hanno portato alla scelta di questo particolare approccio diventano più chiare se si considera la natura degli "strumenti" adottati per fare queste osservazioni. Le osservazioni stesse sarebbero state basate sulle nostre personali esperienze e sul know-how del settore della gioielleria, oltre che su ciò che secondo noi rappresentava una stampa di buona qualità che genera una fusione accettabile, adatta per l'uso specifico nel settore della manifattura dei gioielli. Il dipartimento di ricerca dell'università ci ha imposto di utilizzare la seguente definizione per una ricerca soggettiva in ambiti considerati artigianali o delle arti e mestieri, in cui rientrano il design e la produzione orafa.

"I dati soggettivi, altrimenti noti come qualitativi, si ottengono principalmente tramite osservazioni sensoriali e impressioni complessive di un particolare fenomeno. È necessario che il ricercatore consideri se stesso uno degli strumenti di misura, poiché la sua prospettiva sarà condizionata dall'esperienza, dalla percezione, dal giudizio e dal significato personale attribuito agli eventi osservati. Questo metodo di raccolta dei dati si ritrova nelle osservazioni sul campo, nelle interviste non strutturate e nelle investigazioni narrative. Questa metodologia di ricerca tende a ridurre la valenza statistica dei dati, ma fornisce un quadro più approfondito e variegato della materia oggetto di studio".

Sebbene per questo particolare studio si sarebbe potuto ricorrere a tecnologie più avanzate per l'acquisizione dei dati, è stato deciso di utilizzare strumenti e apparecchiature conosciuti o facilmente accessibili ai piccoli produttori artigianali, dal momento che le tecnologie sotto esame sono destinate precisamente alle piccole botteghe orafe.

GLI STRUMENTI DI OSSERVAZIONE UTILIZZATI PER LO STUDIO

1. Il globo oculare umano “numero 1” (collegato a un supercomputer chiamato cervello!)
2. La lente di ingrandimento binoculare Optivisor
3. Il microscopio
4. Le lenti macro camera plus (con scatola luminosa idonea)

Lo strumento più utilizzato per questo studio dopo l'osservazione visiva diretta e l'interpretazione è stato lo stereomicroscopio digitale Breukhoven che, oltre a fornire un intervallo di ingrandimento da 10X a 40X, permette di catturare in formato digitale l'immagine mostrata sullo schermo del tablet. Tuttavia, come regola generale, abbiamo adottato un processo in cui abbiamo utilizzato unicamente il microscopio e la fotocamera per avere la conferma di ciò che potevamo osservare a occhio nudo o con la lente binoculare di ingrandimento Optivisor.



Figura 3 Il nostro stereomicroscopio digitale

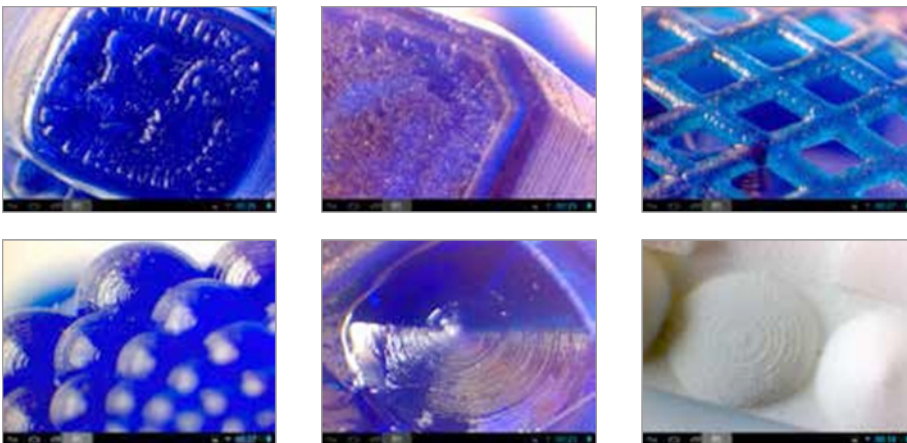


Figura 4 Alcuni esempi di immagini di stampe catturate dal microscopio

Sopra è riportata una raccolta di immagini catturate al microscopio e utilizzate per confermare le nostre osservazioni visive sulle linee di costruzione che sono una conseguenza inevitabile dell'utilizzo di un processo di stampa/costruzione con additive manufacturing.

LE TECNOLOGIE DI STAMPA UTILIZZATE PER LO STUDIO

Stampante Ember



Figura 5 Una stampante Ember

ProJet 1200



Figura 6 Una stampante ProJet 1200



Figura 7 Una stampante Form 2

La stampante Form 2, riportata nella figura 7 in alto, è probabilmente meno conosciuta nell'industria della gioielleria ma sta prendendo considerevolmente piede in altri ambiti della stampa 3D ed è destinata a fare presto breccia anche nel settore orafa. La Form 2 sfrutta la tecnologia della stereolitografia (SLA) (in contrapposizione alla tecnologia DMD) e utilizza un sistema di resina integrato e ottiche sigillate la cui manutenzione e il cui utilizzo sono definiti come relativamente semplici. La Form 2 offre inoltre la connettività wireless per l'upload e la messa in coda dei lavori di stampa. I diversi produttori di stampanti 3D utilizzano parametri differenti per definire il concetto di "risoluzione", tra cui uno dei più comuni è lo spessore dello strato. Questa stampante è in grado di stampare strati da 25 micron. La dimensione minima dei dettagli dell'oggetto, per contro, si riferisce alla parete più sottile o al punto più piccolo che può avere una dimensione fino a 300 micron. Il raggio laser della Form 2 si può spostare in incrementi inferiori a 10 micron, creando movimenti precisi e una superficie sorprendentemente regolare.

STAMPE DI PROVA

La questione successiva da affrontare riguardava ciò che precisamente dovevamo stampare e analizzare. Abbiamo iniziato esaminando quello che noi in qualità di gioiellieri ricerchiamo in una stampa che intendiamo utilizzare per il processo di fusione (diversamente da una stampa destinata a essere utilizzata come modello master in uno stampo). Abbiamo velocemente suddiviso l'ambito di ricerca in alcune aree esplicite che per loro natura erano molto specifiche per il settore della gioielleria e che vengono elencate qui in ordine casuale, senza una classifica di importanza o di preferenza.

1. Superfici curve tipiche delle fasce dell'anello
2. Superfici curve diverse dalle fasce dell'anello, strutture di tipo sferico vere e proprie
3. Superfici piatte spesso presenti negli anelli per sigilli
4. Griffe di vari diametri utilizzate per incastonare le pietre
5. Pareti piatte, verticali, di vari spessori spesso presenti sulle incastonature a battuta
6. Lettere e cifre, sia in rilievo che incise come quelle che si trovano sugli anelli di laurea dei college
7. Superfici concave e convesse degli elementi ispirati alla natura (foglie e petali)
8. Superfici a maglie o filigrana

Ci siamo messi a creare vari bozzetti, disegni e file CAD di vari articoli di gioielleria che presentavano alcune, più di una o un mix delle geometrie richieste, finché un team ha fatto presente che stavamo per generare enormi quantità di file CAD, stampe 3D e relative fusioni. Da un semplice calcolo risultava che avevamo circa 20 diversi articoli di gioielleria da stampare con tre diverse tecnologie, per un totale di 60 stampe da costruire, esaminare, registrare e fondere, per ripetere poi il processo di analisi e registrazione. Ci si prospettava dinnanzi una grossa mole di dati e immagini. Dovevamo inoltre tener conto del fatto che con una delle tecnologie volevamo tentare di lavorare fino a tre diversi fotopolimeri! Il volume dei pezzi da lavorare raggiungeva così l'ordine del centinaio. Stavamo inoltre valutando l'ipotesi di stampare un lotto di "campioni di controllo" con un sistema di stampa più sofisticato come Solidscape® e/o EnvisionTEC®. Così facendo, gli articoli di prova avrebbero toccato le 150 unità. Ma non era finita qui, perché la voce si stava spargendo tra i vari fornitori delle tecnologie di stampa (a dire il vero, ero stato io a informarli del nostro progetto di ricerca in occasione delle diverse fiere, esibizioni e conferenze). Iniziammo così a ricevere richieste da altri fornitori affinché aggiungessimo le loro tecnologie ai nostri risultati/database della ricerca. Il progetto stava rapidamente

assumendo dimensioni mastodontiche e pressoché terrificanti, quindi ci fermammo per rivalutare la situazione e trovare soluzioni più pertinenti al volume di dati generato.

Arrivammo così a una prima decisione importante: per gli obiettivi del nostro specifico progetto di ricerca avremmo continuato a utilizzare solo le tre diverse tecnologie originariamente proposte, utilizzando i diversi polimeri solo con una di queste. Tuttavia, avevamo deciso di tentare di portare avanti il progetto di ricerca oltre il suo ambito ristretto, allo scopo di sviluppare in futuro un database di risultati il più completo possibile. Come per tutte le ricerche universitarie nel Regno Unito, ciò dipendeva dalla nostra capacità di trovare adeguati finanziamenti.

Ci venne inoltre l'idea di provare a combinare in un unico pezzo o blocco il maggior numero possibile di geometrie che volevamo testare ed esaminare. Sebbene questo non sarebbe stato più identificabile come un articolo di gioielleria, molti dei profili, delle forme e delle geometrie elencati sopra sarebbero stati evidenti e presenti in un pezzo che avrebbe preso il nome di "blocco" (Figura 8). A questo punto vorrei esprimere un riconoscimento a Paul Yeomans, il membro del mio team che ha svolto tutto il lavoro su CAD e ha realizzato molte delle costruzioni e ringraziarlo per la sua attenzione meticolosa ai dettagli. È lui uno dei nostri ingegneri e tecnici CAD che fa anche funzionare le tecnologie di stampa.

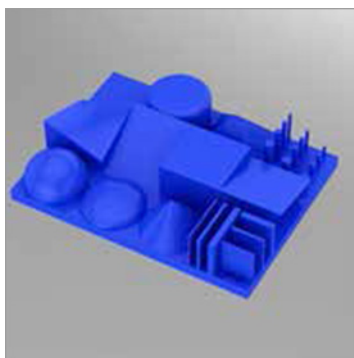


Figura 8 Il blocco

Il blocco è composto da 12 colonne/griffe di diametro variabile tra 0,50 mm e 1,50 mm e altezze diverse. Queste sono disposte a griglia per consentire due direzioni di movimento in quelle tecnologie di stampa in cui potrebbe essere presente un'azione di movimento o sweeping. Le griffe sono rappresentative delle diverse dimensioni dei corrispondenti elementi di incastonatura. Analogamente, le sezioni della parete piatta variano da 0,25 mm a 1,00 mm e sono inoltre disposte per consentire le azioni di sweeping previste. Possono essere considerate come rappresentative delle diverse incastonature a battuta.

Ai fini dell'analisi, il blocco è stato suddiviso in 12 componenti, come mostra la Figura 9. Da sinistra a destra e dall'alto in basso: l'area 1 è la superficie piatta, l'area 2 è il cilindro verticale, l'area 3 è la piramide, l'area 4 è la griglia di colonne, l'area 5 è la superficie concava/convessa, l'area 6 i 45°, l'area 7 è il cubo, l'area 8 i 45° invertiti doppia inclinazione, l'area 9 è la cupola alta, l'area 10 la cupola bassa, l'area 11 è il cono invertito e l'area 12 le sezioni a parete piatta.

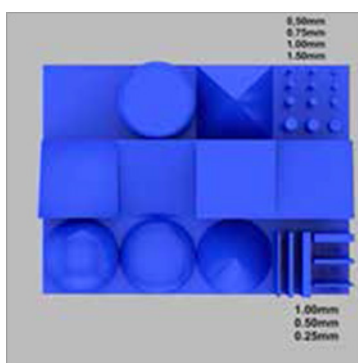


Figure 9 Vista in pianta del blocco

Arrivammo alla conclusione che dovevamo ancora analizzare molte delle geometrie e forme che mantenevano l'intento del design originario dell'articolo di gioielleria, quindi avremmo avuto ancora delle forme di anello atipiche da esaminare e mettere a confronto. I primi due anelli (Figura 10) presentavano inoltre delle scritte incise e in rilievo con spalle curve e fascia semirotonda che richiamava alla mente la forma tipica degli anelli da sigillo. Sceglimmo il logo e il nome della nostra università per creare la scritta e la forma desiderate.



Figura 10 Gli anelli di laurea BCU, lettere incise (a sinistra) e lettere in rilievo (a destra)

Successivamente inserimmo un design testato e affidabile che potrebbe essere familiare ad alcuni di voi: un anello in filigrana o a maglie utilizzato varie volte in diversi esperimenti, prove e progetti di ricerca e solitamente definito anello a gabbia. Oltre ad avere una struttura predominante a maglie, presenta curve in una serie di direzioni divergenti.

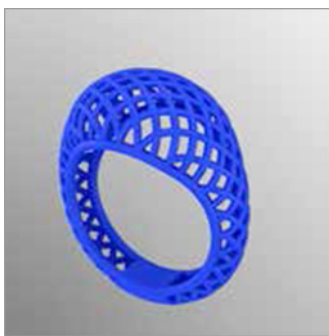


Figura 11 L'anello a gabbia

Infine aggiungemmo un anello che per qualche motivo è passato alla storia come anello Pavlova. L'anello comprende una sezione più semirotonda rispetto agli anelli di laurea, ma anche una serie di sfere di diversi diametri decrescenti montate con una struttura a cono rastremato ritenuta un valido banco di prova per la qualità della stampa e la risoluzione della costruzione.



Figura 12 L'anello Pavlova

Successivamente dovevamo considerare il nostro processo di registrazione, controllo e raccolta delle informazioni dal momento che speravamo di registrare non solo la tecnologia utilizzata, ma anche ciò che veniva stampato, con il relativo polimero, e le informazioni supplementari eventualmente pertinenti come il programma CAD usato per il disegno e i possibili supporti, posizionati in modo automatico o manuale. Infine dovevamo registrare le impostazioni dei parametri in uso, laddove disponibili. A tale scopo è stata creata la scheda di registrazione mostrata nella Figura 13. Viene inoltre riportata una piccola selezione del grande volume di campioni e documenti collazionati.



Macchina	Ember EnvisionTec EOS Mo80 Objet 30 ProJet 1200 ProJet 3500 CPX MAX Soldscape 3Z	
Articolo	Sigillo Pavlova +/-	Piastra anello a gabbia
Materiale		
Spessore strato μ		
Data		
Note		
Foto		

Figura 13 Raccolta e collazione dei dati

Abbiamo costituito un panel di revisione che eseguisse una valutazione soggettiva in cieco della costruzione e delle fusioni frutto di questa ricerca e che esprimesse il proprio parere sulla qualità e l'“utilizzabilità” di ogni stampa e delle eventuali fusioni derivanti. Questa attività è stata svolta mediante una procedura di voto a maggioranza semplice, in cui il voto veniva espresso segretamente su apposite schede cartacee. Il panel era composto da membri dello staff della Scuola di gioielleria e comprendeva uno specialista del settore CAD e stampa 3D, un orafo al banco/tutor, uno specialista delle fusioni e un designer. Il voto finale sulla fusione spettava a me.

Per la valutazione delle stampe e delle fusioni abbiamo concordato i seguenti semplici criteri:

A nostro giudizio la qualità di questa stampa è 1) eccellente, 2) accettabile, o 3) non accettabile?
 A nostro giudizio la qualità di questa fusione è 1) eccellente, 2) accettabile, o 3) non accettabile?
 Infine dovevamo decidere un modo gestibile e comprensibile per registrare e presentare i risultati, quindi abbiamo creato le seguenti tabelle. In linea generale, abbiamo riscontrato che da una stampa/costruzione ritenuta soggettivamente di scarsa qualità, si otteneva sistematicamente una fusione di scarsa qualità. Occorre tuttavia sottolineare che la definizione di “fusione di scarsa qualità” in effetti si applica maggiormente alla finitura superficiale e alla qualità della stampa piuttosto che a ciò che più comunemente verrebbe ritenuto un difetto di fusione, come la porosità.

I risultati delle tabelle 1-4 sono un tentativo di riflettere in modo accurato i pareri soggettivi aggregati del panel sulla qualità della costruzione e della fusione.

Tabella 1 Riesame soggettivo del panel dei risultati della stampante Ember 3D con resina Castable Ember

Articolo	Tecnologia	Materiale	Qualità eccellente	Qualità accettabile	Qualità non accettabile
Area 1	Ember	Resina Castable Ember			✓
Area 2	Ember	Resina Castable Ember		✓	
Area 3	Ember	Resina Castable Ember		✓	
Area 4	Ember	Resina Castable Ember	✓		
Area 5	Ember	Resina Castable Ember		✓	
Area 6	Ember	Resina Castable Ember		✓	
Area 7	Ember	Resina Castable Ember	✓		
Area 8	Ember	Resina Castable Ember	✓		
Area 9	Ember	Resina Castable Ember		✓	
Area 10	Ember	Resina Castable Ember			✓
Area 11	Ember	Resina Castable Ember	✓		
Area 12	Ember	Resina Castable Ember	✓		
Anello di laurea inciso	Ember	Resina Castable Ember		✓	
Anello di laurea in rilievo	Ember	Resina Castable Ember			✓
Anello a gabbia	Ember	Resina Castable Ember	✓		
Anello Pavlova	Ember	Resina Castable Ember	✓		

Tabella 2 Riesame soggettivo del panel dei risultati della stampante Ember 3D con resina DWS

Articolo	Tecnologia	Materiale	Qualità eccellente	Qualità accettabile	Qualità non accettabile
Area 1	Ember	Resina DWS		✓	
Area 2	Ember	Resina DWS	✓		
Area 3	Ember	Resina DWS	✓		
Area 4	Ember	Resina DWS	✓		
Area 5	Ember	Resina DWS	✓		
Area 6	Ember	Resina DWS	✓		
Area 7	Ember	Resina DWS	✓		
Area 8	Ember	Resina DWS	✓		
Area 9	Ember	Resina DWS	✓		
Area 10	Ember	Resina DWS	✓		
Area 11	Ember	Resina DWS	✓		
Area 12	Ember	Resina DWS	✓		
Anello di laurea inciso	Ember	Resina DWS	✓		
Anello di laurea in rilievo	Ember	Resina DWS			✓
Anello a gabbia	Ember	Resina DWS	✓		
Anello Pavlova	Ember	Resina DWS	✓		

Tabella 3 Riesame soggettivo del panel dei risultati della stampante Form 2 3D con resina Castable Form 2

Articolo	Tecnologia	Materiale	Qualità eccellente	Qualità accettabile	Qualità non accettabile
Area 1	Form 2	Resina Castable Form 2			✓
Area 2	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		
Area 3	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		
Area 4	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		
Area 5	Form 2	Resina Castable Form 2		✓	
Area 6	Form 2	Resina Castable Form 2		✓	
Area 7	Form 2	Resina Castable Form 2		✓	
Area 8	Form 2	Resina Castable Form 2			✓
Area 9	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		
Area 10	Form 2	Resina Castable Form 2		✓	
Area 11	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		
Area 12	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		
Anello di laurea inciso	Form 2	Resina Castable Form 2		✓	
Anello di laurea in rilievo	Form 2	Resina Castable Form 2			✓
Anello a gabbia	Form 2	Resina Castable Form 2			✓
Anello Pavlova	Form 2	Resina Castable Form 2	✓		

Tabella 4 Riesame soggettivo del panel dei risultati della stampante Projet 1200 3D con resina VisiJet® FTX

Articolo	Tecnologia	Materiale	Qualità eccellente	Qualità accettabile	Qualità non accettabile
Area 1	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast			✓
Area 2	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Area 3	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Area 4	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast			✓
Area 5	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast			✓
Area 6	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Area 7	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast	✓		
Area 8	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast			✓
Area 9	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Area 10	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Area 11	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Area 12	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast			✓
Anello di laurea inciso	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Anello di laurea in rilievo	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast			✓
Anello a gabbia	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	
Anello Pavlova	Projet 1200	VisiJet® FTX Cast		✓	

Nota: In tutti i casi e gli esempi riportati sopra, l'anello di laurea con lettere in rilievo è stato giudicato non accettabile, tuttavia tutti erano concordi nel ritenere che il problema in questo caso risiede principalmente nel file CAD originario, più che nella capacità delle diverse tecnologie di stampa di riprodurre adeguatamente il file.

CONCLUSIONI

Sebbene questa materia sia oggetto costante di studio e di ricerca, vi sono numerose conclusioni che possono essere ritenute di interesse per i gioiellieri.

Vi è un'enorme differenza, spesso nell'ordine delle migliaia di euro, dollari o sterline tra alcune delle più rinomate e affermate tecnologie di stampa 3D e le loro omologhe rivali low-cost illustrate in questi esempi. Tuttavia, sebbene vi sia una reale differenza qualitativa nei risultati prodotti dalle stampanti di fascia alta rispetto a quelle economiche, il divario non è così grande quanto la differenza del prezzo di acquisto potrebbe suggerire.

A nostro giudizio, uno dei fattori determinanti per la scelta risiede nella volontà e nell'abilità dell'orafo da banco, che sta valutando di inserire una di queste tecnologie nel proprio laboratorio, di intervenire sul prodotto della stampa proprio come fa occasionalmente con le fusioni fuori specifica ottenute con processi più tradizionali o conosciuti. Talvolta il risultato non è perfetto, ma se si possiedono le necessarie le capacità e si è disposti a dedicare alcuni minuti alla rifinitura della fusione risultante, si ha la possibilità di controllare in modo più diretto un'altra fase del processo di produzione sia dal punto di vista dei costi che della qualità.

L'aggiunta di una stampante 3D economica agli utensili del proprio laboratorio comporta una serie di scenari che devono essere analizzati e valutati con attenzione. Come già detto, il risultato di una stampante 3D non raggiungerà mai la qualità dell'input CAD utilizzato. Anche in questo caso vale la vecchia regola GIGO: "garbage in, garbage out", ovvero "se ci metti spazzatura ne esce spazzatura". Chi acquisirà e svilupperà le competenze CAD nella vostra organizzazione o azienda? Apprendere l'utilizzo dei sistemi CAD non è semplice e richiede esercizio e ripetizione costanti. Tra i vostri dipendenti c'è qualcuno che ha il tempo di acquisire e applicare queste competenze, oppure occorre ampliare il team con una risorsa qualificata? Senza dubbio l'attuale generazione che esce dalle nostre scuole, college e università possiede competenze e conoscenze informatiche molto più vaste della nostra generazione; nella migliore delle ipotesi dovrà comunque apprendere le basi dei vari processi di produzione dei gioielli per poter creare file CAD idonei.

Per scegliere la stampante più adatta occorre poi tener conto di vari aspetti: disponibilità economica, capacità di fornire file idonei e risultati costanti e ripetibili in tutti i processi di lavorazione adottati. Proprio come per ogni decisione di investimento, occorre valutare tutte le opportunità e le opzioni disponibili per la propria azienda e il proprio ambito di attività. Nei limiti del possibile, sarebbe opportuno ottenere file di prova che rispecchiano la propria gamma e tipologia tipica di prodotti. Non limitatevi a considerare il risultato della stampa; realizzate una fusione e assicuratevi che sia compatibile con i vostri processi di produzione. Quindi rifinitela per accertarvi che il risultato finale sia quello desiderato, atteso o richiesto.

Per ottenere risultati positivi costanti, è inoltre fondamentale sviluppare un know-how operativo e comprendere le proprietà fisiche e termiche del fotopolimero utilizzato nella tecnologia prescelta. Soprattutto quando le proprietà vengono combinate con i parametri occasionalmente variabili del processo di fusione, ottenere risultati ottimizzati e costanti su entrambi i fronti è molto importante. Ecco perché vale la pena tenere in seria considerazione le opportunità offerte dal sistema Ember poiché si tratta di un sistema "open source" in cui, in qualità di acquirenti, non solo si è liberi, ma anche incoraggiati attivamente a sperimentare con le impostazioni dei parametri. È possibile utilizzare qualsiasi fotopolimero disponibile in commercio; inoltre l'azienda pubblica la ricetta della propria resina castabile, il che implica chiaramente la possibilità di rimiscelarla in rapporti diversi o aggiungere o togliere sostanze chimiche e leganti. Per farlo occorre essere abili nel maneggiare le varie tecniche, ma se si ritiene di avere le necessarie competenze è un'ipotesi che ci sentiamo di consigliare. Come potete vedere dalle tabelle riportate sopra abbiamo scelto di provare una resina fotopolimerica sviluppata per una tecnologia completamente diversa (tecnologia di stampa 3D DWS18) che utilizza un laser blu a stato solido. Dopo una serie di tentativi e di errori abbiamo individuato un set di parametri idonei e i risultati sono stati sistematicamente i migliori tra i quattro fotopolimeri testati.

Allo stato dei fatti la decisione spetta a voi, ma se state valutando di introdurre nel vostro laboratorio una stampante a fotopolimeri di fascia entry-level, ci auguriamo che questa ricerca abbia chiarito alcuni aspetti e vi abbia fornito un quadro più chiaro in cui orientare la vostra scelta.

BIBLIOGRAFIA

<https://en.wikipedia.org/wiki/Fab@Home>.

https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap_Project.

https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Light_Processing.

<http://www.ti.com/lstds/ti/dlp-technology/about-dlp-technology/how-dlp-technology-works.page>.

R. Liska et al., "Photopolymers for rapid prototyping," *Journal of Coatings Technology and Research* 4, no. 4 (December 2007): 505-510.

<https://www.wohlersassociates.com/2015report.htm>.

<http://fortune.com/2014/09/25/why-startups-fail-according-to-their-founders/>.

<http://wohlersassociates.com/blog/2015/10/3e-printing-startups/>.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography>.

<http://www.netfabb.com/basic.php>.

<http://www.santafesymposium.org/papers/>.

Gay Penfold, "Designing for Rapid Manufacturing and Other Emerging Technologies," *The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2008*, ed. E. Bell (Albuquerque: Met-Chem Research, 2008): 243-256.

Scott Patrick, "CAD Software for Jewelry Design: A Comprehensive Survey," *The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2005*, ed. E. Bell (Albuquerque: Met-Chem Research, 2005): 409-422.

Annie Koenig, "Digital Design Best Practices," *The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2015*, ed. E. Bell et al. (Albuquerque: Met-Chem Research, 2015): 181-212.

ary Dawson and Joseph Tunick Strauss, "Direct Casting Photopolymer Resin Models," *The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2013*, ed. E. Bell and J. Haldeman (Albuquerque: Met-Chem Research, 2013): 155-168.

Marco Actis Grande et al., "Quality Excellence in the Direct Casting of RP Resins: Reality or Fiction?" *The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2011*, ed. E. Bell (Albuquerque: Met-Chem Research, 2011): 1-36.

Ian McKeer, "Improvements in the Burnout of Resin Patterns," *The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2007*, ed. E. Bell (Albuquerque: Met-Chem Research, 2007): 397-420.

<http://www.dwssystems.com/>.