

# Serie incrementale su lamine dorate torse

Le tecnologie digitali 3D hanno aperto nuove prospettive sul mercato globale, accelerando il processo produttivo e commerciale, creando opportunità di sviluppo, di competitività e di lavoro, offrendo nuove possibilità di conoscenza e di scambio. Anche le imprese che operano, per esempio, in ambito orafa, si stanno aprendo alla conversione dei loro sistemi produttivi, per una serie di motivi che sono strettamente legati alla massiccia concorrenza che si è venuta a creare in ambito mondiale. Con le opportunità offerte dalle tecnologie digitali 3D si potranno sfruttare i maggiori benefici derivanti dall'innovazione, sia nei processi produttivi sia nelle attività commerciali sui mercati. Le aziende orafe (e anche quelle calzaturiere) sono peraltro quelle che hanno le maggiori difficoltà a seguire la rapida evoluzione del mercato, e molte delle azioni di sensibilizzazione e di promozione vanno rivolte a stimolare la loro capacità competitiva, prima tra tutte la formazione delle imprese. Non riusciremo, infatti, a colmare il gap tecnologico se non sapremo superare il gap culturale che rallenta la penetrazione e l'uso delle tecnologie medesime e formare le figure professionali che oggi mancano sul mercato.

La tipologia delle aziende orafe e, più in generale, di tutto il sistema produttivo italiano è caratterizzata dalla presenza di piccole e medie imprese (PMI). Esse costituiscono l'ossatura del sistema produttivo nazionale per aspetti sia quantitativi (numero di aziende, fatturato, occupati) sia qualitativi (specificità produttive e organizzative); hanno la maggiore capacità di flessibilità e adattamento alle richieste del mercato; rappresentano la principale risorsa di crescita verso nuovi settori e nuove aree geografiche; sono fortemente esposte alla concorrenza internazionale; hanno scarsa capacità d'innovazione

### In questo capitolo

- **Introduzione**
- **Il lavoro commissionato**
- **La modellazione**

tecnologica e organizzativa; incontrano notevoli difficoltà nella conoscenza e nello sviluppo di progettualità nonché nel reperimento delle risorse umane e finanziarie necessarie.

I principali benefici derivanti dalla diffusione delle applicazioni delle tecnologie digitali 3D sono costituiti da: incremento dell'efficienza nei processi lungo la catena del valore; maggiori possibilità di accesso ai mercati internazionali; ampliamento del mercato derivante da una migliore circolazione delle informazioni; miglioramento della posizione relativa delle PMI; espansione nell'impiego di risorse professionali sia di tipo tecnico sia connesse alla funzione di produzione di contenuti, con effetti positivi specie sull'occupazione e sulla valorizzazione del patrimonio culturale.

## Introduzione

Di seguito saranno illustrati i criteri su come modellare e prototipare un anello a cassone e quindi cavo, con un ornamento superficiale di decoro realizzato a filetto. Si tratta di una tecnica orafa che richiede un intervento piuttosto ben pianificato e progettato, al fine di pervenire alla “cera” finale, quella destinata alla fusione. Se si sbaglia modello matematico si sbaglia tutto, soprattutto nella fase di *manufacturing*, in cui il modello deve essere ben chiuso ed ermetico, pena la rottura di una punta della fresa o delle anomale stratificazioni dei layer-laser, che creeranno inevitabilmente, durante il deposito dei microstrati di resina, delle porosità: grave! In questo caso occorre rifare tutto.

Per quanto concerne la modellazione orafa, Rhino fornisce tutti gli strumenti di modellazione e di analisi per poter realizzare modelli che devono essere “mandati in macchina”: un'altra fase molto importante e complessa, che va pianificata attentamente. Di solito si parte da disegni bidimensionali, o schizzi sommari, ma quasi sempre dalle tre viste: quella in pianta, frontale e laterale; da lì è possibile ricavare le curve di base e per stadi successivi il modello ermetico finale, talora di notevole complessità. Rhino non tradisce mai. I file STL sono sempre perfetti, e in ogni caso sono riparabili con il plug-in Mesh Repair scaricabile dal sito di Rhino, o con i software proprietari del sistema CAM utilizzato o altri ancora, specifici per l'analisi dei file STL, quali *Magic*.

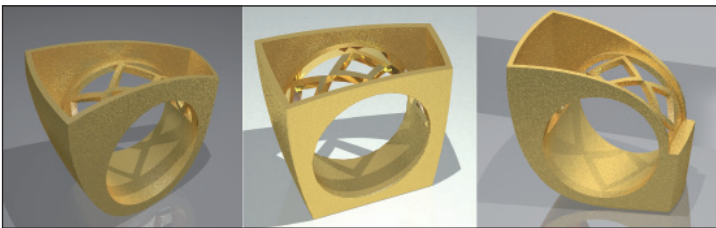
La ricerca che sarà presentata di seguito non vuole essere un vero e proprio tutorial, ma intende fornire validi spunti per

far conoscere agli addetti del settore e alle aziende orafe quali sono le nuove frontiere offerte dalle tecnologie informatiche per la realizzazione di prodotti orafi, difficilmente riproducibili per via manuale, anche dai più abili artigiani, anche perché oggi occorre fare i conti con i tempi di realizzazione, vista la spietata e frenetica concorrenza che si è aperta in tutto il mondo.

## Il lavoro commissionato

La modellazione dell'anello a cassone con decorazione a filetto e successiva prototipazione nasce all'interno di un'azienda orafa di Roma, dove svolgo attività di trainer e consulenza, molto disponibile a recepire i nuovi stimoli che si sono aperti nel settore orafa, grazie all'avvento di software di modellazione tridimensionale sempre più potenti e nuovi sistemi di prototipazione rapida.

Il problema riguardava la realizzazione di tre anelli a cassone di forma assimilabile a un triangolo, trapezio e rombo, scavati all'interno in maniera tale da formare un cassone di 8/10 di mm di spessore, con relativa "aggiornatura" a losanghe dello spessore di 1 mm e, parte assai complessa, una decorazione superficiale a filetto dove incastonare i diamanti con griffe. L'illustrazione di Figura 7.1 mostra il primo passo per la definizione strutturale dei tre anelli a cassone con l'aggiornatura.



**Figura 7.1**

Definizione del modello strutturale dei tre anelli a cassone, con relativa aggiornatura a losanghe.

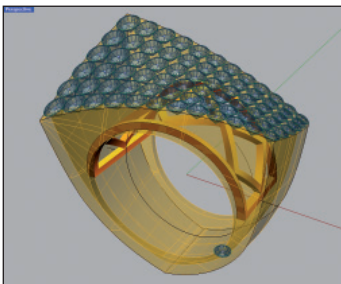
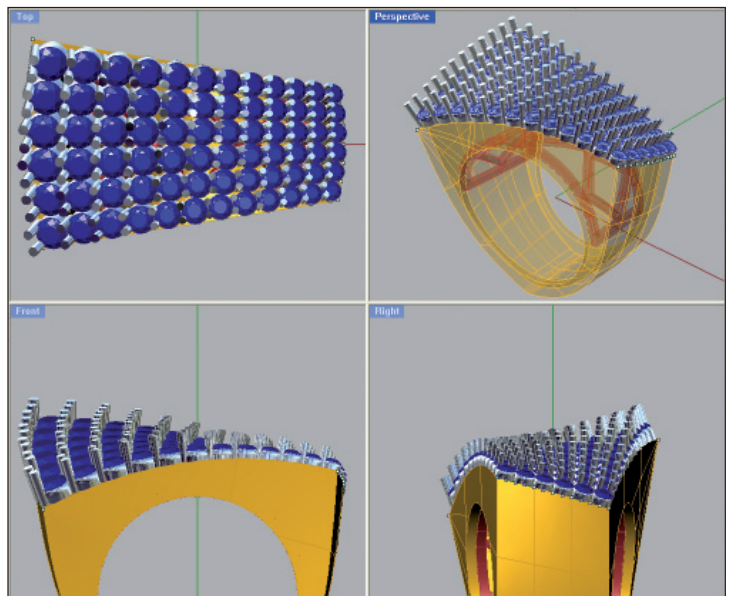
La definizione dei modelli non richiede particolari sforzi se non quello di una corretta creazione delle curve di base che andranno a costituire l'impalcatura delle curve NURBS nello spazio 3D e che, opportunamente connesse con superfici *Network* (sono le superfici che preferisco in assoluto), forniranno la base del modello. Successive operazioni di taglio, differenze booleane, creazione di curve UV e loro applicazione garantiranno anche la creazione dell'aggiornatura. La

parte che ha richiesto un notevole sforzo mentale è stata però quella relativa alla creazione della decorazione superficiale “a filetto”: una specie di filigrana composta da tanti elementi toroidali di diametro variabile, distribuiti su una superficie che non presentava piano tangente in alcun punto; si tratta delle cosiddette superfici sghembe o torse.

Occorreva pertanto risolvere un problema di notevole complessità, che ho denominato “creazione di serie incrementali su superfici sghembe”. Il risultato dell’esperienza è visibile in Figura 7.2. Come si può notare, tutti gli elementi toroidali incrementano il loro diametro da un bordo a quello opposto e in più si adattano su una superficie di riferimento sghembo-torsa. La prova è stata condotta anche creando le serie incrementali sulle gemme che andranno alloggiare e griffate sui tori di supporto, come illustra la successiva Figura 7.3.

**Figura 7.2**

Serie incrementali di elementi toroidali, con griffe, distribuiti su una superficie di riferimento sghemba.



**Figura 7.3**

Test per la distribuzione e la creazione di serie incrementali applicate alle gemme da incastonare sugli elementi toroidali.

Nel momento in cui è stato assegnato, da parte dell’azienda, il compito di distribuire gemme di diametro e taglio standard crescente (“punti o carati”, nel gergo orafa), si è generato un momento di smarrimento, perché oltre ad avere la superficie di riferimento sghemba, si presentava la necessità di risolvere il problema della distribuzione delle gemme medesime, incrementando progressivamente il diametro (ovviamente fra quelli standard) su ciascuna fila. Visitando la fiera orafa di Vicenza e consultando diverse aziende che si occupano di soluzioni informatiche applicate al settore orafa (modellazione

e prototipazione), nessuno è riuscito a fornire una soluzione rapida ed efficace in termini temporali. Non era assolutamente il caso di passare intere giornate a orientare manualmente i tori di supporto con le griffe sulla superficie di riferimento: si sarebbe vanificato l'intento; si doveva invece impiegare un tempo ragionevolmente breve (un'ora circa) per risolvere la questione. La soluzione è stata trovata in *TechGems*, il già citato pregevole plug-in per Rhino ideato e prodotto dallo spagnolo Alex Antic (<http://www.techjewel.com>), specifico per le applicazioni orafe. Con tale plug-in poteva essere realizzata la *serie incrementale*. Tutto è bene ciò che finisce bene.

## La modellazione

La modellazione è stata condotta interamente in Rhino. Rhino è un modellatore NURBS e come tale ogni sua curva è generata quale curva NURBS, elemento base per produrre qualsiasi modello 3D. La geometria NURBS è piuttosto complessa, e serve a descrivere le forme nello spazio 3D. Essa è applicata indistintamente alle curve e alle superfici.

## Le curve

Per chi ancora non lo sapesse, le curve NURBS derivano dalle curve di Bézier razionali, che a loro volta sono una generalizzazione delle curve di Bézier (curve polinomiali omogenee passanti per un insieme di punti: in certi applicativi 3D sono chiamate curve *Splines*). Il termine NURBS deriva da *Non Uniform Rational B-Spline* (letteralmente, “curve non uniformi razionali di tipo B-Spline”). Le curve *B-Spline* vengono introdotte per la prima volta nel 1971 per opera di Rich Riesenfeld, sulla base del precedente lavoro di Pierre Bézier, impiegato alla Renault, che con le sue rappresentazioni fatte di curve a forma libera inventa le note *curve di Bézier* (per disegnare i pannelli delle carrozzerie). Data la natura particolarmente complessa che sottende la geometria NURBS, in questa sede si omette la teoria matematica sottostante. Attualmente le curve NURBS si stanno evolvendo in altre rappresentazioni matematiche che agevolano soprattutto la modellazione organica, denominate *T-Spline*. Per informazioni sulla natura delle T-Spline è possibile visitare il sito di Rhino.

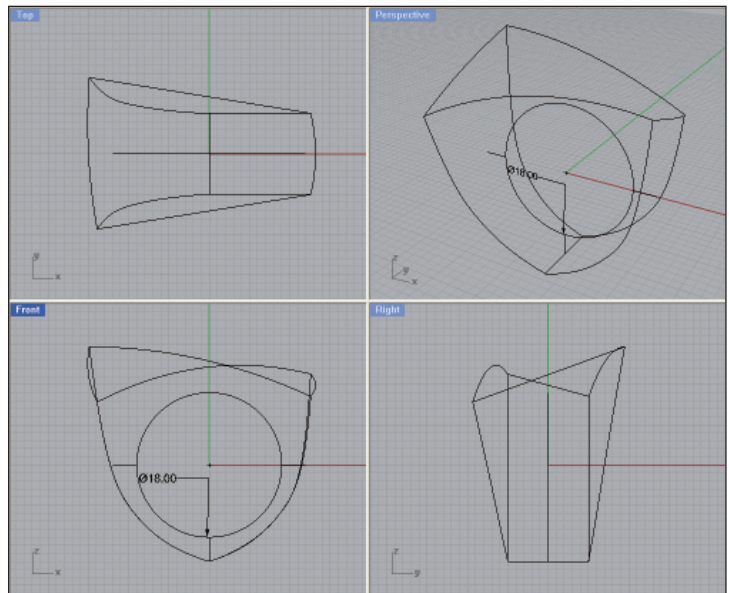
Per generare il nostro modello sono state utilizzate le *curve a forma libera o deformabili* (*free form curves*), opportunamente

“rebuildate”. Sono curve NURBS impiegate in particolare per modellare forme organiche, perché si prestano a essere facilmente tracciate come quando si disegna a mano libera e deformate a piacimento mediante l’*editing* dei punti. Nel nostro caso, le curve NURBS sono state generate per *Interpolazione di punti* (*Interpolate Points Curves*); sono quelle che utilizzo maggiormente nella modellazione, soprattutto in quella organica o in quella che impiega le tecniche di tracing (curve ricavate ricalcando una bitmap di sfondo inserita in una viewport) perché, diversamente da quelle tracciate da *Control Points*, passano direttamente per i punti di interpolazione, ed è pertanto possibile avere un maggior controllo in fase di creazione.

La Figura 7.4 mostra la struttura delle curve NURBS tracciate per generare il modello oggetto di studio.

**Figura 7.4**

La struttura delle curve NURBS nello spazio 3D. È il primo passo per generare il modello richiesto.



## Le superfici e i solidi ermetici

Se dunque le curve costituiscono l’anima della modellazione NURBS, le superfici ne rappresentano il cuore, ovvero l’elemento propulsore della modellazione 3D in Rhino. Combinando varie superfici NURBS, è possibile definire un modello o un prototipo tridimensionale.

Tutte le superfici NURBS possono essere pensate o immaginate come una griglia piana, simile a un foglio di carta

liberamente deformabile, ma in genere le superfici vengono generate a partire dalle curve NURBS, le quali rappresentano lo scheletro o la struttura stessa delle superfici. Pertanto, indipendentemente dal metodo utilizzato per crearle, le superfici possono essere considerate come una rete tridimensionale di curve NURBS che corrono in due direzioni, connesse opportunamente tra loro e con punti di controllo che si estendono in due direzioni U e V, simili per certi aspetti alle direzioni X e Y degli assi cartesiani.

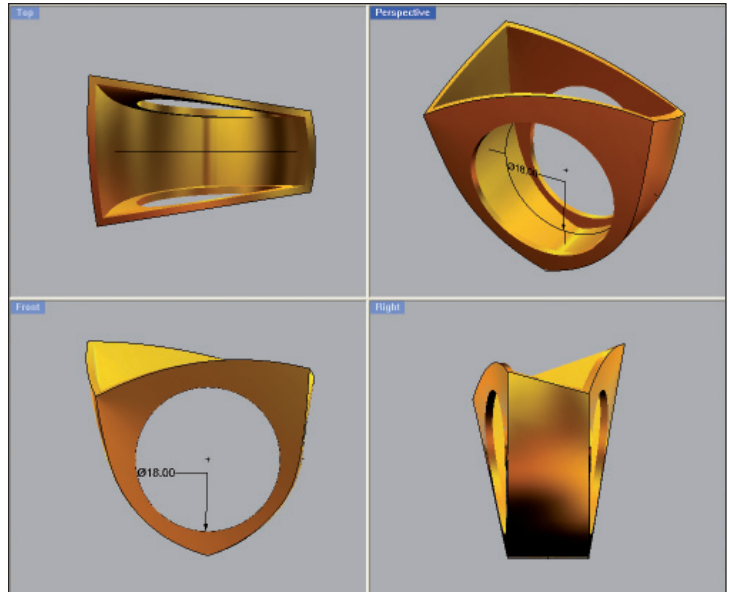
La possibilità di creare superfici NURBS in Rhino è in pratica infinita, e gli strumenti messi a disposizione sono talmente potenti e raffinati da consentire l'impiego di metodi alternativi per risolvere uno stesso problema. Pertanto non potrà esistere nulla né di reale né di immaginario che non possa venire costruito con tali strumenti.

Nel caso in esame, per generare il cassone dell'anello si sono utilizzate quasi esclusivamente superfici *Network* (da una rete di curve in due direzioni), che risultano adattarsi meglio alle curve di base e devono correre in entrambe le direzioni U e V. Generato l'involucro esterno, si è passati alla definizione dell'involucro interno mediante l'*offset* di una superficie, pari allo spessore richiesto di 0.8 mm. Le superfici sottoposte a *offset* dovevano intersecarsi reciprocamente, altrimenti non tutte sarebbero state "trimmabili". Infine, la chiusura dello spessore è stata generata con una superficie *Loft* sui bordi superiori del cassone e sul perimetro del diametro dell'anello (pari a 18 mm). Si rammenta che, in certi casi, l'*offset* di superfici produce altre superfici, con un elevato numero di punti di controllo; è pertanto buona regola "ricostruirle" opportunamente, in maniera da non produrre superfici anomale, caratterizzate dalla presenza di strane pieghe o curvature.

Unite tutte le superfici che compongono il cassone, si è provveduto ad analizzare la presenza di eventuali "bordi aperti" con gli strumenti di analisi dei bordi, propri di Rhino. L'eventuale presenza di bordi aperti è stata eliminata con lo strumento *Unisci Bordi aperti (Join Naked edge)*, pervenendo al risultato di una polisuperficie perfettamente ermetica, valutabile anche in termini di volume, quindi di massa (il peso) una volta noto il peso specifico dell'oro, ed esportabile nel formato STL per la successiva fase di prototipazione. In Figura 7.5 è mostrato il risultato dopo che si è generata la struttura chiusa del cassone.

**Figura 7.5**

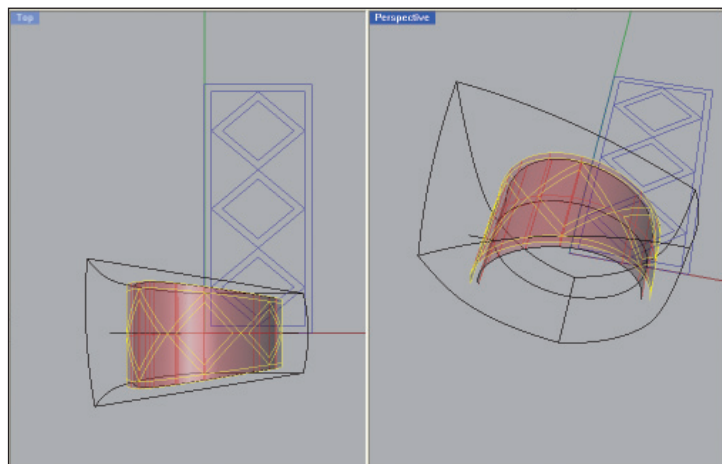
La struttura dell'anello a cassone. È un solido perfettamente chiuso esportabile in formato STL per la successiva fase di prototipazione.



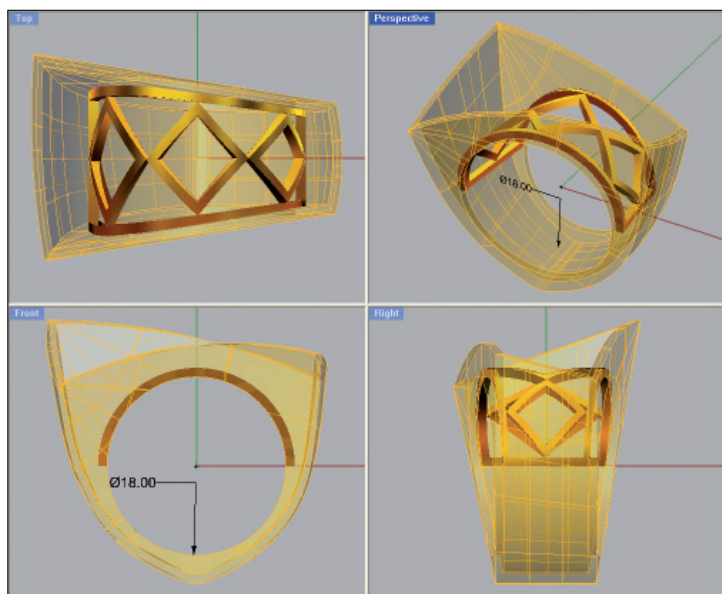
### Le curve UV come supporto alla modellazione

Per generare, invece, la cosiddetta “aggiornatura” si è fatto ricorso alla tecnica delle curve UV. L’aggiornatura è una tecnica molto impiegata nella produzione orafa. È un elemento che, oltre ad avere una funzione strutturale di sostegno e d’irrigidimento del sistema, consente di alleggerire in maniera considerevole il gioiello facendo sì che la luce penetri all’interno del gioiello, aumentando le rifrazioni sulle gemme. Nel caso in cui fosse stata prevista una lamina piena dello spessore di 1 mm, senza tagli a losanghe, i diamanti non avrebbero “brillato” allo stesso modo, perché la luce non avrebbe avuto la possibilità di entrare anche all’interno del cassone; inoltre, sarebbe aumentato il peso finale del gioiello.

Partendo da una superficie di base è possibile generare le curve UV su un piano e riapplicarle sulla superficie medesima con gli strumenti di Rhino contenuti nel menu *Curve da oggetto* (*Curve from Object*). Una volta disegnate le curve UV nel piano, è possibile riapplicarle alla superficie e procedere alle operazioni di taglio sulla superficie medesima. Nel nostro caso le curve UV sono state definite per la parte inferiore e per quella superiore dell’aggiornatura; dopo aver opportunamente “trimmato” le parti si è provveduto a generare le superfici da due bordi al fine di ottenere un

**Figura 7.6**

Metodo delle curve UV per generare la struttura reticolare dell'aggiornatura. Le curve UV sono state applicate sulla superficie di riferimento superiore. Analoghe considerazioni si estendono anche alla superficie inferiore.

**Figura 7.7**

Il solido completo dell'aggiornatura.

solido chiuso, anch'esso esportabile in STL per la prototipazione. Le Figure 7.6 e 7.7 illustrano le fasi per la creazione dell'aggiornatura.

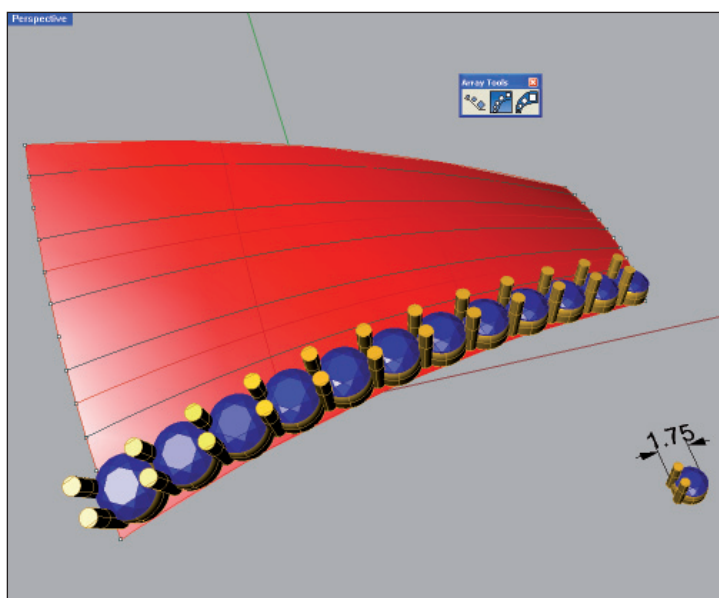
Le operazioni in precedenza descritte non sono particolarmente complesse per un utente medio-avanzato di Rhino, ma per quanto concerne la realizzazione della decorazione a “filetto” occorre armarsi di pazienza e, soprattutto, trovare gli strumenti adatti per realizzare tale elemento. Il plug-in TechGems è in tal senso provvidenziale.

## Il plug-in TechGems e la serie incrementale distribuita su una superficie sghembo-torsa

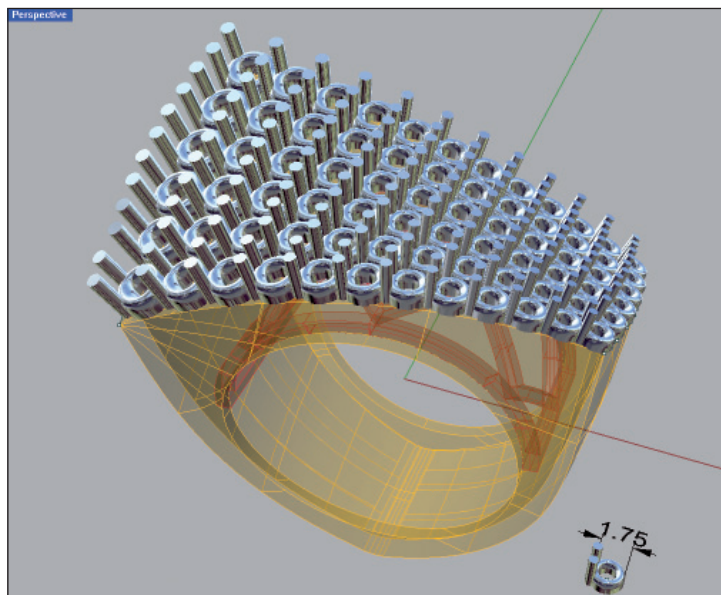
Come accennato più sopra, le richieste della committenza prevedevano la distribuzione di gemme di diametro e taglio standard su una superficie di riferimento sghemba, incrementando progressivamente il diametro (ovviamente fra quelli standard), su ciascuna fila: non è un problema di facile risoluzione, ma ora, essendomi impadronito di questa tecnica, riesco a realizzare “gioielli a filetto” di qualsiasi forma. Dal mio punto di vista, questa rappresenta una delle soluzioni più geniali nell’ambito dell’ingegneria orafa, sia per la leggerezza finale del gioiello sia, soprattutto, perché i diamanti “brillano” in modo diverso quando sono alloggiati su elementi toroidali, il che consente alla luce di entrare anche “da sotto”.

Il plug-in TechGems offre la possibilità di generare delle serie (*array*) particolari; una fra queste è la *serie incrementale lungo una curva su una superficie* (*Incremental array on curve on surface*). Come è possibile osservare in Figura 7.8, stabilito il diametro della gemma di partenza, nel nostro caso 1.75 mm di diametro pari a 2.5 punti e creato l’elemento toroidale con fondo piatto (per questioni di pulitura e lucidatura finale) e relative griffe, si è provveduto a generare la serie, fissando opportunamente l’incremento. Gli elementi toroidali devono essere distribuiti su una curva appartenente a una superficie preferibilmente non trimmata.

**Figura 7.8**  
Creazione di una serie incrementale di un elemento toroidale con griffe, su una curva appartenente a una superficie non trimmata.



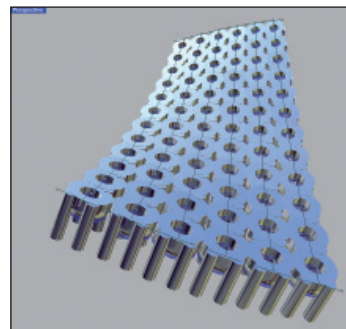
Ripetendo l'operazione per le altre file rimanenti, si completerà la distribuzione di tutti gli elementi sulla superficie di riferimento sghemba, generando, dopo un'operazione booleana di unione, una lamina a filigrana che andrà alloggiata sopra il cassone come evidenziato in Figura 7.9.



**Figura 7.9**

Completamento della decorazione a filetto, costituita da elementi toroidali con griffe, distribuiti su una superficie di riferimento sghemba.

La modellazione di un qualsiasi elemento di oreficeria non deve mai disgiungersi dalla realizzazione pratica. Se si osserva la Figura 7.10, è possibile notare come la parte inferiore della lamina toroidale sia quasi liscia. Questo è un accorgimento derivante dall'esperienza pratica, che ho ricevuto osservando gli operatori al banco orafo, dovuto sostanzialmente a fattori pratici di pulizia e lucidatura finale. L'operatore deve infatti poter intervenire con facilità quando si tratta di lucidare e spianare alcune parti di un gioiello.



**Figura 7.10**

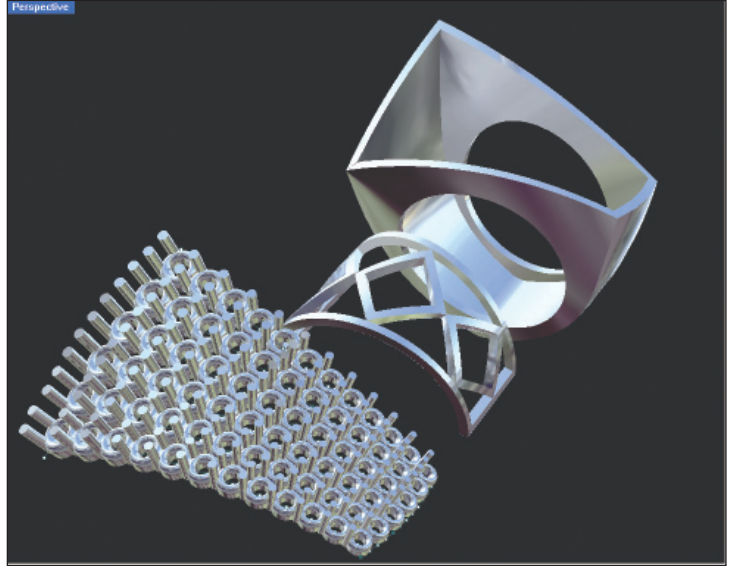
La parte inferiore della lamina torsa che servirà per alloggiare e griffare le gemme è quasi liscia, per motivi pratici di pulizia e lucidatura finale.

## I file STL

Le parti componenti l'anello a cassone sono tre: il cassone vero e proprio, l'aggiornatura e la lamina sghemba realizzata a filetto per la decorazione superiore dell'anello (Figura 7.11). Sono tre solidi ermetici esportati in formato STL, per essere mandati in macchina, al fine di pervenire alla cera o alla resina finale per la microfusione (dipende dalla macchina di prototipazione utilizzata). L'esportazione dei modelli creati

**Figura 7.11**

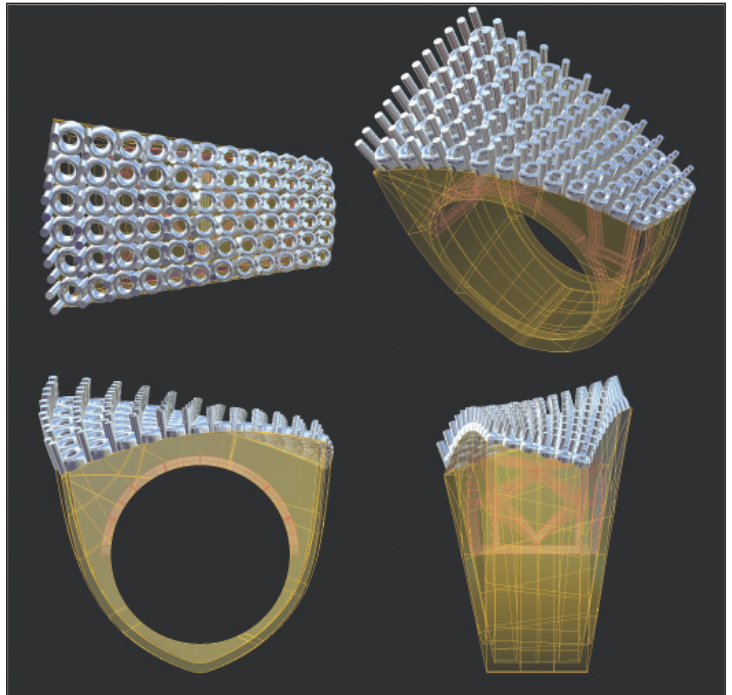
Le parti finali componenti l'anello:  
Il cassone, l'aggiornatura  
e la lamina a filetto per  
la decorazione con 72 diamanti  
a carato variabile.



in Rhino nel formato STL richiede una buona conoscenza dei concetti relativi alla “poligonalizzazione di una mesh”, soprattutto per quanto concerne l’*Angolo massimo* (*Maximum angle*), il *Rapporto di aspetto massimo* (*Maximum aspect ratio*) e la *Lunghezza del bordo minima* (*Minimum edge length*). Tutti gli altri valori per l’esportazione STL sono impostati a

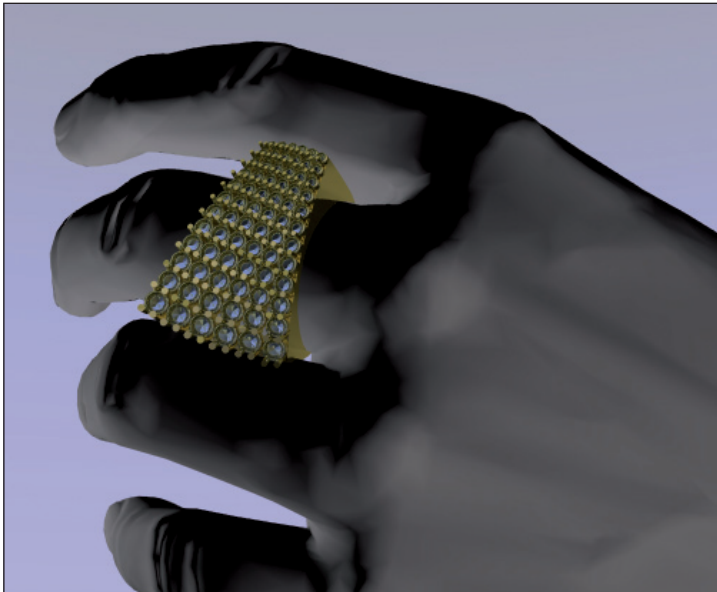
**Figura 7.12**

La modellazione completa  
dell’anello a cassone.



zero. Se si accettano i valori di default stabiliti da Rhino si rischia di generare file STL estremamente pesanti, ingestibili dalla macchina di prototipazione (si rammenta che oltre a questo si devono realizzare i sostegni dei vari elementi da prototipare), con poligoni della mesh troppo grandi e, quindi, modelli poco levigati e pieni di sfaccettature. Solitamente i valori che si impostano per esportare in STL sono: *Maximum angle* variabile fra 3 e 5; *Maximum aspect ratio* variabile fra 1 e 1,5 e *Minimum edge length* variabile fra 0,1 e 0,05. In questo modo è possibile ricavare, quasi sempre, mesh ben smussate e relativamente leggere (in termini di megabyte). La Figura 7.12 mostra l'anello completato.

In Figura 7.13 è illustrato un test di prova.

**FILE**

Modelli/Capitolo7/01-Anello a  
cassone finale.3dm

**Figura 7.13**

Test di prova dell'anello a cassone.

