

# Scavi a spigoli vivi tramite CNC

Una disamina dei metodi per effettuare tagli chiusi con raccordi a raggio zero su pannelli X-lam. Riguarda il problema dei vuoti per alloggiare finestre. Per i quattro diedri concavi in corrispondenza dei quattro angoli, nella prassi comune sono presi per buoni i raggi di curvatura delle frese cilindriche, ed è rimandata a un dopo incerto - sia tecnico, sia economico - l'asportazione del materiale residuo. Se si applicassero i metodi qui presentati, si potrebbe fare tutto a bordo-macchina, elevando senza ombra di dubbio il livello qualitativo di questo specifico comparto industriale e aprendo un nuovo corso per chi progetta e produce le macchine, ma anche per chi le utilizza.

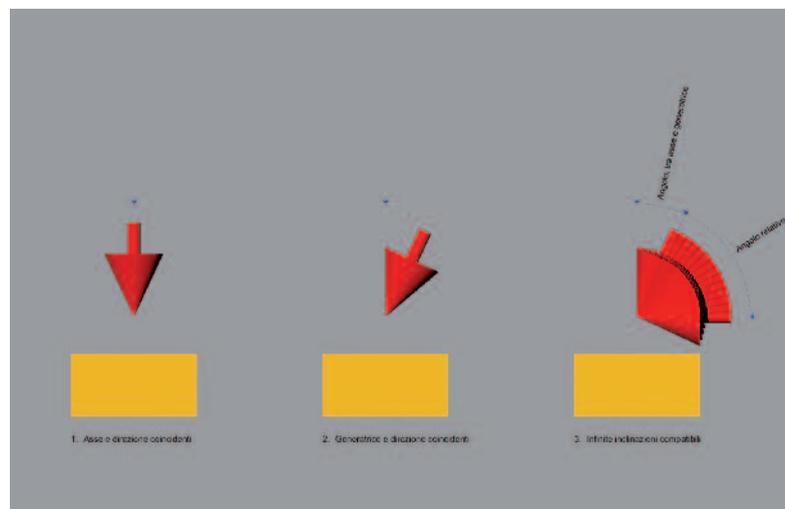
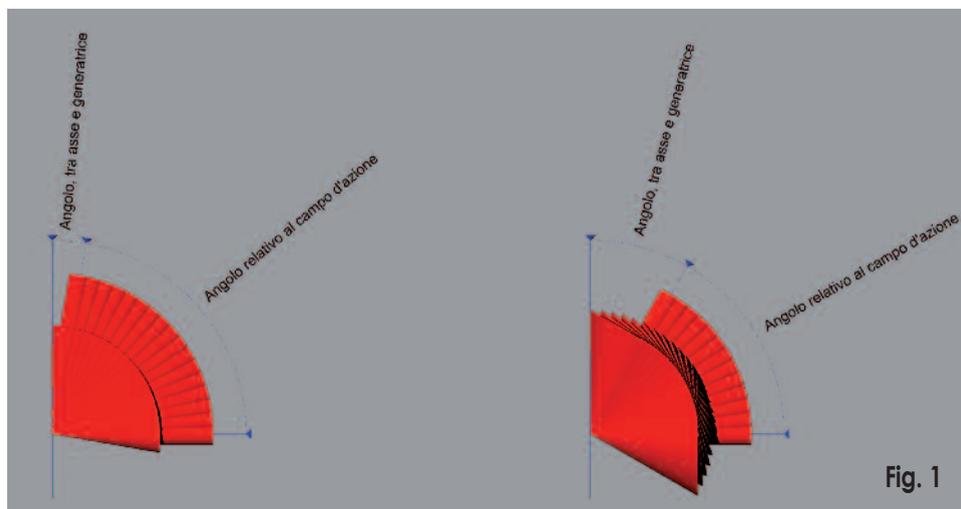
## 1. PREMESSA SU SPIGOLI, DIEDRI CONCAVI, CAVITÀ A SPIGOLO VIVO

Se con seghe, scalpelli e sgorbie fare scavi a spigoli vivi era cosa normale, oggi con le rotanti frese insorgono vari tipi di problemi, a volte anche notevoli. **Dire scavi a spigolo vivo** quando erano principalmente presupposti le sole seghe e scalpelli, beninteso in aggiunta a una varietà di attrezzi come, sponderuole, incorsatoi, asce, bedani, etc., **significa intendere uno scavo sfaccettato dalle sembianze di un poliedro concavo**. Dunque non qualcosa di strettamente geometrico, ma bensì qualcosa che fonde la geometria con la materia o, più precisamente, con la fisica. Qualora fossero state impiegate le sgorbie, lo scavo poteva contemplare superfici variamente modellate, tra cui quelle cilindriche, non necessariamente circoscritte alla sola sezione circolare. **Quando si tratta di scavi a spigoli vivi, si può parlare di "diedri concavi"**. **Quando invece nello scavo a spigoli vivi alcuni di questi hanno andamento curvi-forme, si può parlare più genericamente di "cavità a spigolo vivo"**. Questo caso, per esempio, ricorre nella mortasa fatta "a meccchia" dove nel fondo si hanno due diedri e due semi-cilindri, reciprocamente

contrapposti. Sempre per quanto riguarda diedri e cavità, si impone l'importante precisazione circa la **differenza tra "spigolo aperto" e "spigolo chiuso"**.

È aperto quello spigolo in cui dalle sue estremità si dipartono spigoli di diedri convessi (come nelle testate di una tavola interamente scanalata). C'è anche il caso (piuttosto raro) che uno spigolo sia semiaperto, ovvero quanto i diedri convessi si dipartono da una sola estremità (come in una scanalatura "passante" soltanto da una parte). È invece chiuso quello spigolo, beninteso riferito a un diedro concavo, in cui dalle sue estremità si dipartono spigoli di diedri parimenti concavi. Questa differenza è importante poiché non tutti gli attrezzi e utensili sopra elencati sono adatti a praticare uno spigolo chiuso. Per esempio, seghe, sponderuole, incorsatoi, risultano inadatti a praticare spigoli chiusi, e il motivo è semplice: tagli e asportazioni di truciolo richiedono traslazioni che necessitano di esorbitare le dimensioni del pezzo.

A certe condizioni, anche con determinate frese si possono scavare diedri concavi, oltre a determinate cavità multiformi, ma si tratta di casi limitati che lasciano inevase una grande quantità di situazioni. Con frese cilindriche, o tramite lame a disco, si pos-



sono praticare per lo più tutti i casi visti prima e riguardanti gli spigoli aperti. Con sole frese cilindriche, andando un po' oltre, si possono praticare pure cavità mistilinee (come nelle mortase, ma anche nell'attacco tra tenore e rasamento). Nel caso di un vertice cavo, dove convergono come minimo tre spigoli e tre facce, non è possibile invece scavare con una fresa cilindrica tale da definire perfettamente i tre diedri che ne risultano.

La chiave pratica di queste scontate considerazioni presuppone in realtà un sostrato disciplinare arduo e profondo, in termini di topologia, geometria, matematica, trigonometria e così via. Sostrato disciplinare preciso e rigoroso, ma talvolta disagiata nelle applicazioni di tutti i giorni, vuoi nel concreto di un frangente progettuale, vuoi nella preparazione di una lavorazione CNC. Qui, senza rinunciare al necessario rigore, seguiremo la via breve, o "leggera", o "agile", consentita dal metodo grafico di risoluzione di problemi, oggi grandemente favorito dalle tecniche CAD di modellazione, soprattutto 3D, specialmente in quei casi in cui gioca un ruolo positivo l'approccio intuitivo.

## 2. PRATICARE DIEDRI TRAMITE FRESE-CONO

Un modo per scavare un vertice cavo ci può essere se si adotta una fresa a forma di cono. Il principio è relativamente semplice e consiste nel far scorrere – spigolo per spigolo – la fresa con asse sghembo rispetto alla linea di percorso (che coincide con lo spigolo), in modo che la superficie conica sia tangente alle due facce che formano il diedro.

**Per dare un'idea di questa configurazione, basti pensare allo scorrere ad asse inclinato di un lapis in una scanalatura, facendo mente locale sulla parte appuntita che ha forma conica.** Si tratta, pertanto, di identificare le relazioni geometriche che intercorrono tra "l'angolo-diedro" e "l'angolo asse-generatrice" del cono-fresa. Ciò al fine di stabilire l'esatta inclinazione tra "spigolo", e "asse-fresa". Tenendo conto della situazione geometrica complessiva del sistema, ovvero tenendo conto dell'orientamento del diedro rispetto a un sistema di coordinate 3D. In un caso più complesso, ma con la limitazione che tutti i diedri abbiano stessa angolazione, si può arrivare a determinare una inclinazione dell'asse, tale da rendere tangente la superficie conica a ogni superficie che converga nel vertice. Il caso più comune, in questo caso, è dato dal sistema a tre piani ortogonali intersecanti. Vediamo come si risolve il problema nei suoi vari livelli e sfaccettature.

## 3. CAMPO D'AZIONE DI UNA FRESE-CONO

**In un tipo di lavorazione in cui la fresa debba traslare sbieccamente rispetto alla direzione di percorso, il campo d'azione di una fresa-cono varia in funzione dell'apertura angolare tra asse e generatrice.** Se

l'apertura angolare è piccola (angolo acuto), il campo d'azione risulta grande, viceversa, se l'apertura angolare è grande (angolo ottuso), il campo d'azione risulta piccolo (Fig. 1). In un sistema semplificato di riferimento, l'angolo entro cui calcolare il campo d'azione è quello retto. Più precisamente, si tratta dell'angolo che si forma quando l'asse della fresa è coincidente con la direzione di percorso e quando, invece, ne è perpendicolare (Fig. 2). Il campo d'azione si determina sottraendo all'angolo retto l'angolo tra asse e generatrice (Fig. 3).

**All'interno di questo angolo la fresa può assumere infinite inclinazioni in virtù di ognuna delle quali è presupposto un dato angolo diedrale di scavo.** Si passa da un angolo massimo di  $180^\circ$ , quando la generatrice del cono si allinea con la direzione di percorso, a un angolo minimo direttamente determinato da due opposte generatrici. In quest'ultimo caso ciò accade quando l'asse si orienta a  $90^\circ$  gradi, sempre rispetto alla direzione di percorso (Fig. 4). Per quanto riguarda l'angolo massimo di  $180^\circ$  è opportuno osservare che si tratta di un caso-limite, dove lo spigolo non è reale, ma virtuale, in quanto le due superfici tangenti sono complanari, peraltro in larghezza tendenti a zero (Fig. 5). Questo aspetto risulterà più chiaro alla fine del punto 5.

È opportuno altresì osservare che quando l'asse della fresa coincide con la direzione di percorso si è fuori del campo d'azione del tipo di lavorazioni che qui

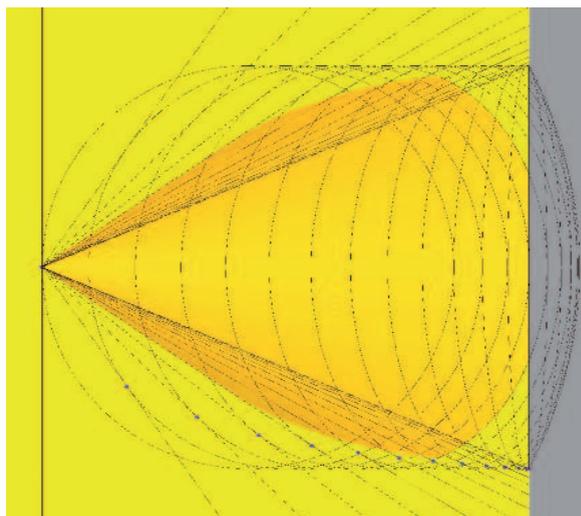


Fig. 5



Fig. 2

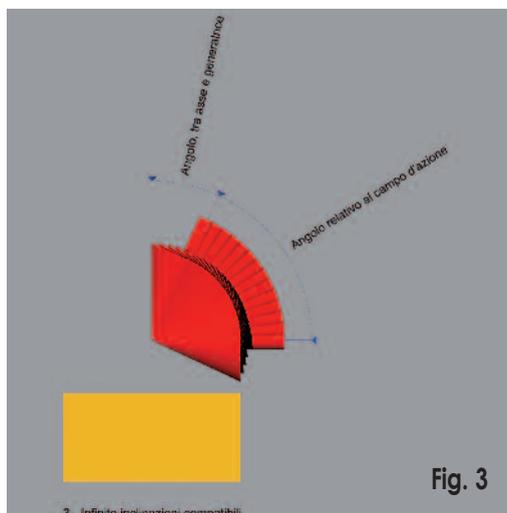


Fig. 3

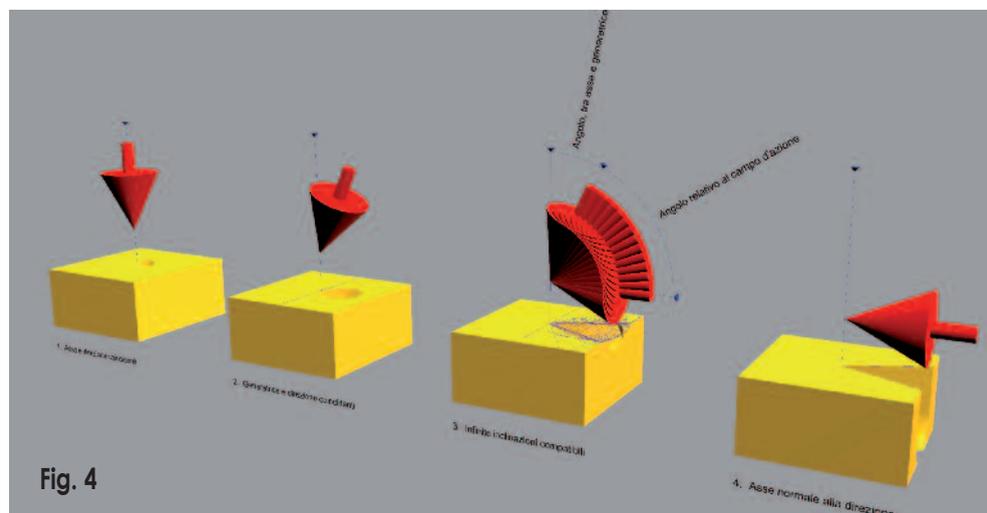


Fig. 4

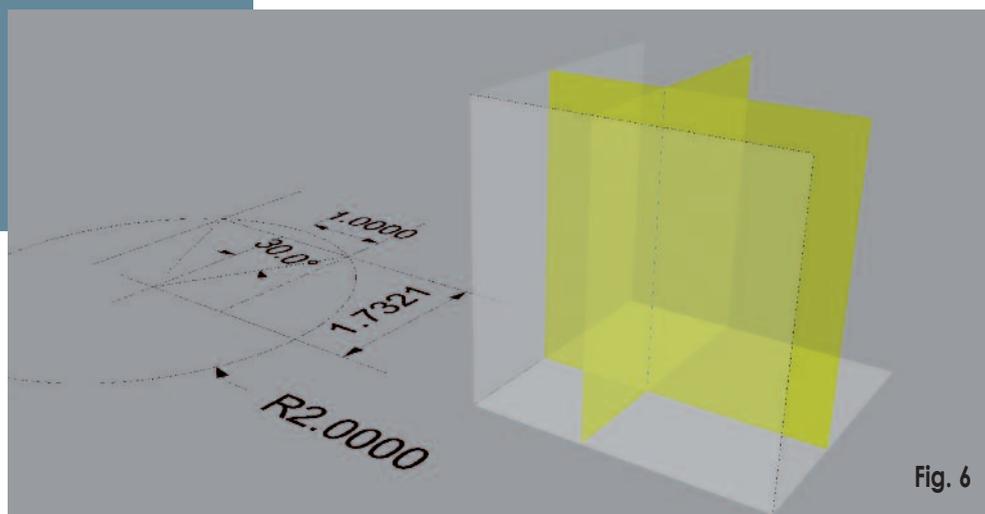


Fig. 6

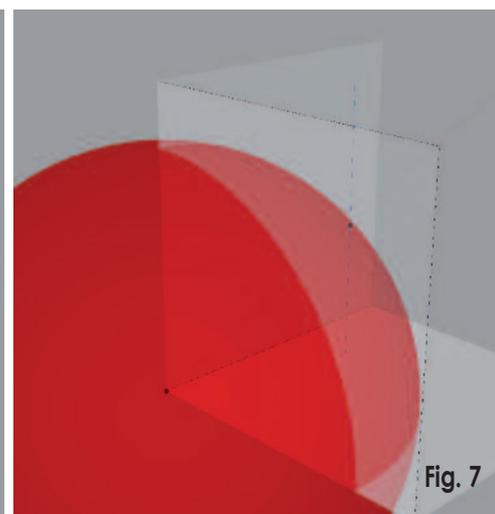


Fig. 7

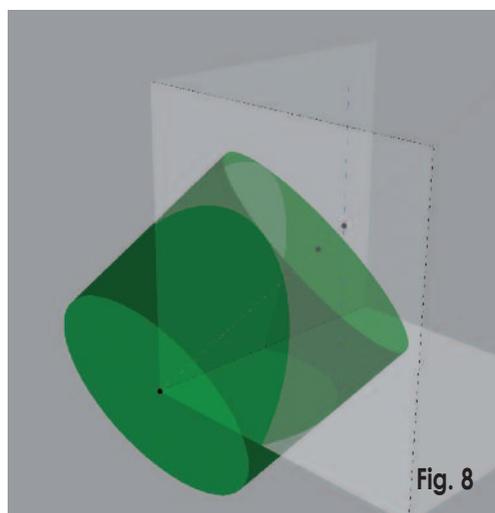


Fig. 8

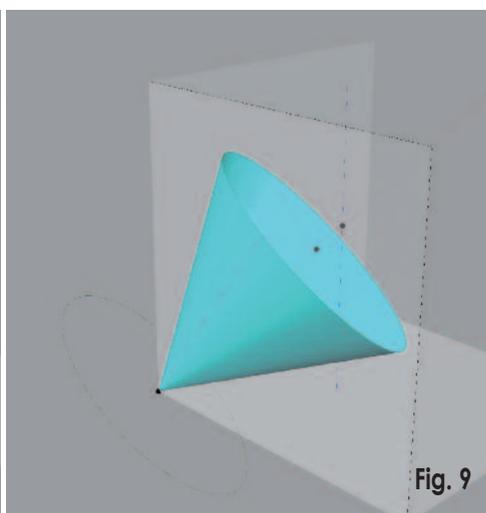


Fig. 9

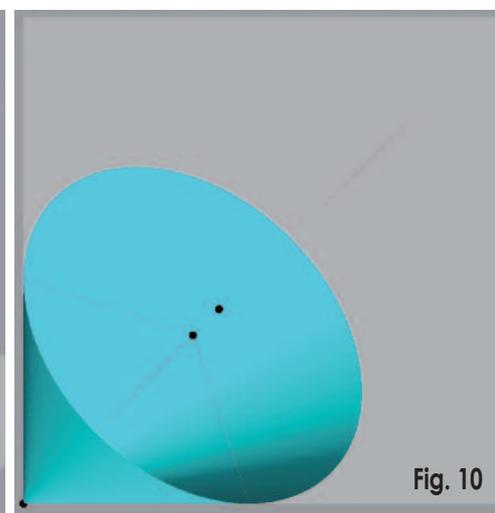


Fig. 10

vogliamo considerare, in quanto il risultato prodotto è un mero foro conico e non dunque una coppia di piani intersecanti (a parte il tratto terminale che, coincidendo con la fresa, è esso stesso un cono vuoto).

#### 4. DETERMINARE L'INCLINAZIONE DELL'ASSE DI UNA FRESA CONICA DATA, RISPETTO A UN DIEDRO DATO

Per rendere più semplice il processo scegliamo una fresa la cui inclinazione tra asse e generatrice sia di  $30^\circ$ . Peraltro si tratta di un tipo di fresa relativamente comune nei vari magazzini-utensili a bordo macchina. Per motivi trigonometrici risulteranno più semplici i calcoli. Taluni definiscono anche "incisore" questo tipo di fresa. Stabiliamo a priori di lavorare a millimetri e di considerare quattro cifre decimali dopo la virgola che, come vedremo in seguito, sarà necessario per ben utilizzare un comando di Alphacam. In sede CAD sarebbero addirittura meglio cinque. Di questa fresa valutiamone preliminarmente i rapporti geometrici nella sue varie parti. Sempre per semplificare i calcoli, stabiliamo che il raggio della base coincida a 1,0000 (uno). In casi diversi, non sarà poi difficile sviluppare gli opportuni adattamenti. Se il raggio di questa fresa è lungo 1,0000 (uno), la sua generatrice sarà lunga 2,0000 (due); a tanto misura, infatti, l'inverso del seno di  $30^\circ$ .

Al tempo stesso, l'altezza del cono sarà radice quadrata di 3, ovvero 1,7320..., così è, infatti, l'inverso della tangente di  $30^\circ$ . Per quanto riguarda il diedro, stabiliamo che il suo angolo misuri  $90^\circ$ . Sempre per semplicità di calcolo, stabiliamo che lo spigolo sia ortogonale al piano di lavoro. È doveroso far presente che in situazioni diverse, sia per quanto riguarda le caratteristiche geometriche della fresa-cono, sia per quanto riguarda il valore angolare del diedro, è soltanto questione di far fronte a un lieve aumento di difficoltà nei calcoli, ma nulla cambia nell'essenziale del processo.

Nel procedere, sappiamo già che il percorso-fresa coincide con lo spigolo, e allora per individuare l'inclinazione dell'asse della fresa medesima pratichiamo i seguenti passaggi:

- Portiamo a ciascuno dei due piani formanti il diedro, un piano parallelo nel verso della cavità, secondo una distanza pari al raggio convenzionale della fresa (in questo caso pari a 1,0000); quindi ricavando la linea di intersezione tra detti piani (**Fig. 6**);
- Centriamo nel vertice formato dai due piani del diedro, in aggiunta al piano orizzontale (ma anche all'estremità "inferiore" dello spigolo, o anche nel punto di intersezione tra linea di percorso e piano-base), una sfera di raggio pari alla direttrice della fresa (in questo caso pari a 2,0000) (**Fig. 7**);

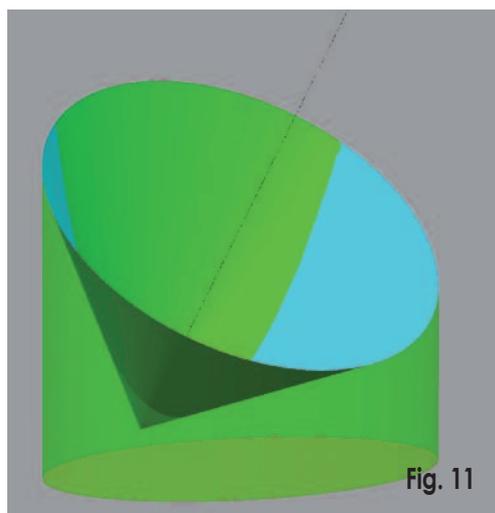


Fig. 11

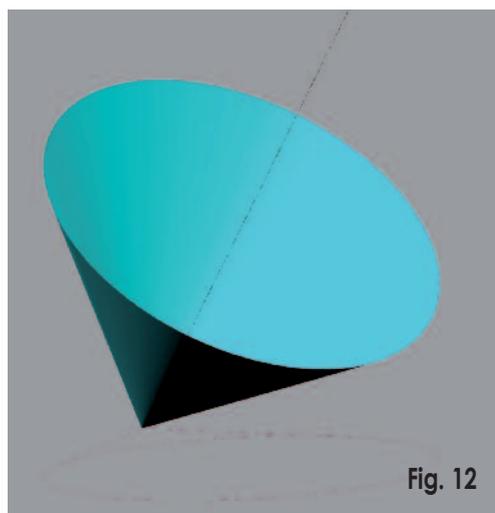


Fig. 12

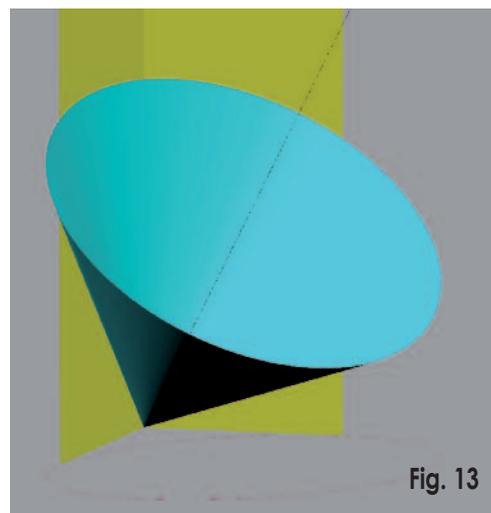


Fig. 13

- Intersechiamo detta sfera con la linea di intersezione tra i piani paralleli, individuando un punto (Fig. 7);
- Tracciamo una retta tra detto punto e il vertice dei diedri (centro della sfera; estremità dello spigolo e così via) (Fig. 7).

Tale retta costituirà il risultato del problema, e avrà dunque l'inclinazione richiesta. **Ora, per verificare se il calcolo grafico non sia errato, occorre disegnare la superficie della fresa e controllare che l'intersezione tra superficie conica e ciascuno dei piani formanti il diedro produca una retta, cosa che equivale a dire zero.**

Tale retta, detto per inciso, coinciderà con una delle generatrici del cono. Pertanto, si può procedere nel seguente modo:

- Tracciamo un cilindro di raggio 1,0000 e di lunghezza pari all'altezza del cono convenzionale, ovvero 1,7320... (oppure,  $1/\tan 30^\circ$ , etc.); facendo in modo che l'asse del cilindro coincida con l'asse-fresa ottenuto e facendo in modo che una sua estremità coincida con il vertice dei diedri, ovviamente estendendo il cilindro nel verso della cavità (Fig. 8);
- Tracciamo un segmento tra il vertice dei diedri e un punto qualsiasi dell'orlo opposto del cilindro, ricavando così una generatrice (Fig. 9);
- Facciamo rivoluzionare detto segmento secondo l'asse-fresa ottenuto, ed ecco che abbiamo così tracciato la superficie della fresa (Fig. 9);
- Intersechiamo ora questa superficie, sia con l'uno, sia con l'altro, dei piani formanti il diedro e accertiamo che i rispettivi risultati corrispondano a un segmento rettilineo, ovvero diano come risultato zero (Fig. 10).

A questo punto non resta che valutare il valore vettoriale dell'asse-fresa ottenuto e trasferirlo in Alphacam, o altro, in un apposito comando. Questo problema sarà trattato nel punto 8.

##### 5. DETERMINARE L'ANGOLO-DIEDRO, DATA UNA DETERMINATA FRESA E DATA LA SUA INCLINAZIONE RISPETTO ALLA DIREZIONE DI PERCORSO

Qui l'incognita è ora l'angolo-diedro. Sempre per semplificare, prendiamo in considerazione la fresa già

trattata. Per quanto riguarda l'inclinazione, scegliamone una qualsiasi (sempre però all'interno del campo d'azione di questa particolare fresa), magari presupponendo che il vertice del cono vada a orientarsi verso il "basso". Per procedere con il calcolo grafico occorre prioritariamente stabilire altresì una direzione di lavoro mediante un'apposita retta e un piano di riferimento che s'intersechi con questa ortogonalmente. Occorre inoltre tracciare la geometria del cono-fresa, rendendo coincidenti asse e linea prima definita.

A questo punto si può procedere nel modo seguente:

- Proiettare l'orlo circolare del cono-fresa convenzionale sul piano di riferimento, trasformandolo in un'ellisse (Fig. 11);
- Portare la coppia di tangenti all'ellisse, partendo dal punto di intersezione tra linea direzionale di lavoro e piano di riferimento (Fig. 12);
- Estrudere dette tangenti formando una coppia di piani intersecanti (Fig. 13).

**Con questo passaggio si sono determinati i piani del diedro incognito.** Adesso occorre verificare che l'operazione risulti priva di errori. Ancora una volta occorre verificare se nell'intersezione tra geometria della fresa e coppia di piani si determini una coppia di linee rette. Non resta che attivare gli appositi comandi CAD.

In ordine a questo procedimento, il campo d'azione della fresa – sul piano di riferimento – si manifesta nella variazione d'inclinazione delle tangenti rispetto al loro asse di simmetria. Come già detto, si noterà che quando la generatrice coincide con la direzione di percorso l'angolo formato dalle tangenti (in ordine alla rispettiva ellisse) risulta di  $180^\circ$ , mentre, via via detto angolo tende a restringersi fino a coincidere con quello formato tra due opposte generatrici. Merita osservare come l'angolo tra le tangenti via via che esso si allarga, via via le stesse si accorciano. Ciò aiuta a capire per cui, tendendo le tangenti a lunghezza zero, come l'angolo formato tra di loro passi a  $180^\circ$ . Merita altresì osservare che all'estremo opposto del campo d'azione, quando l'asse della fresa risulta ortogonale alla direzione di percorso, non ha più

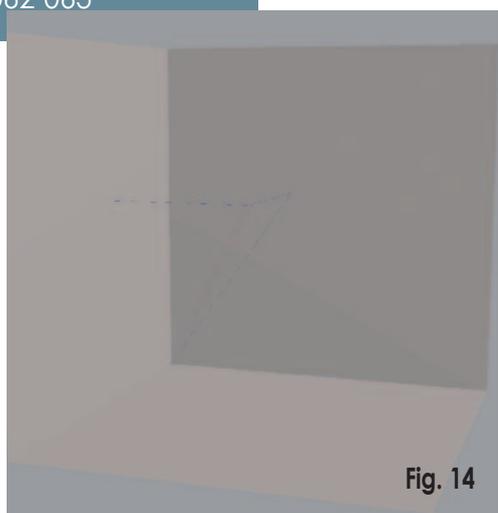


Fig. 14

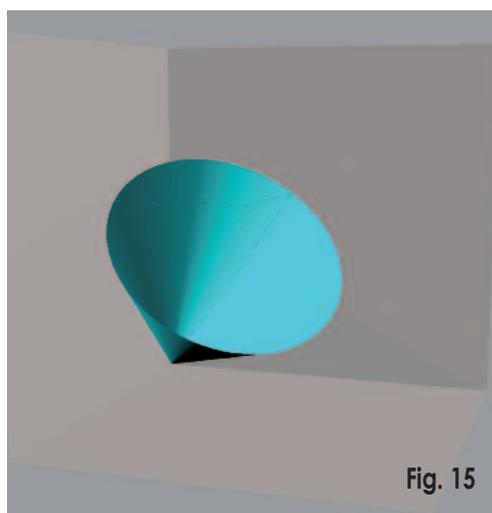


Fig. 15

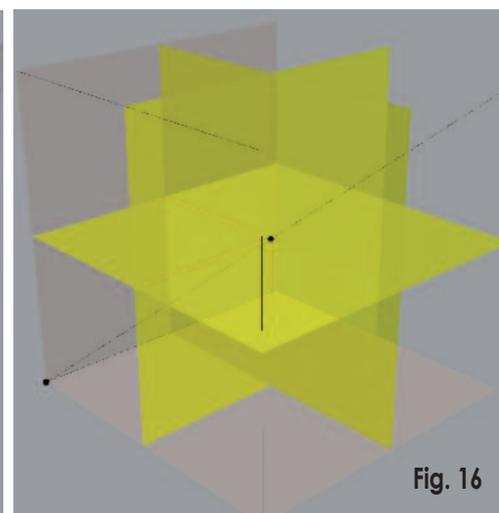


Fig. 16

senso parlare di tangenti, in quanto la proiezione dell'orlo della fresa non risulta più un'ellisse ma un segmento di retta (Fig. 5).

Per quanto riguarda la tracciatura della coppia di tangenti all'ellisse da un punto dato, va osservato che nei manuali di geometria, ma anche on-line, sono indicati appositi procedimenti. Tuttavia in ordine al livello pratico di un'operazione di questo tipo, ci si può affidare ai comandi di cui ogni CAD di un certo livello dispone.

#### 6. DETERMINARE L'AMPIEZZA DELL'ANGOLO ASSE-GENERATRICE DI UNA FRESA-CONO, DATO UN DIEDRO E UNA LINEA SGHEMBA RISPETTO AL SUO SPIGOLO

In questo caso l'incognita è la forma della fresa. Per fare in modo che la fresa-cono risulti tangente ai due piani del diedro, occorre che la linea sghemba appartenga al piano bisettore del diedro stesso. Se

non si parte da questa condizione di simmetria, il risultato consisterà in due frese di ampiezza angolare diversa. Ancora per semplicità, sceglieremo qui un diedro retto avente spigolo ortogonale al piano di riferimento.

Detto ciò, si può dunque procedere nel modo seguente:

- Dall'estremità non coincidente con l'origine del sistema della linea sghemba data, portare una perpendicolare a uno dei piani formanti il diedro (Fig. 14);

- Collegare quindi il punto di intersezione ricavato sul piano all'origine del sistema con un segmento, ricavando in questo modo la generatrice della fresa-cono e dunque l'ampiezza angolare con il rispettivo asse (Fig. 15).

Per visualizzare la forma di detta fresa non occorre fare altro che rivoluzionare il segmento trovato rispetto alla linea sghemba data. Circa l'esigenza di

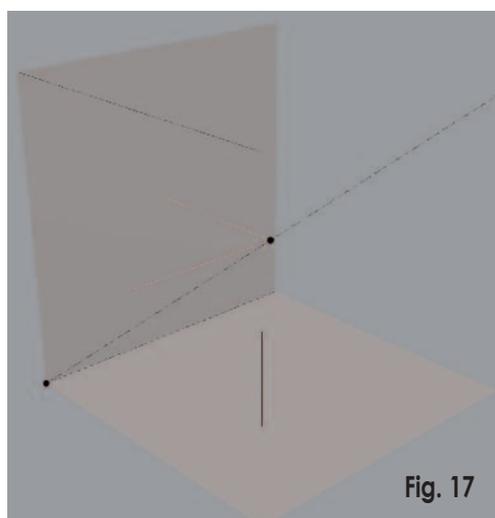


Fig. 17

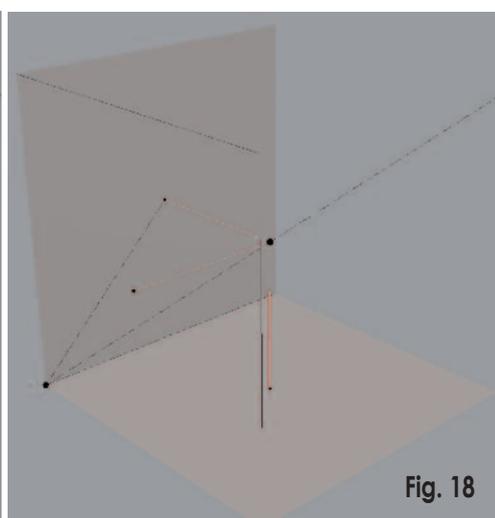


Fig. 18

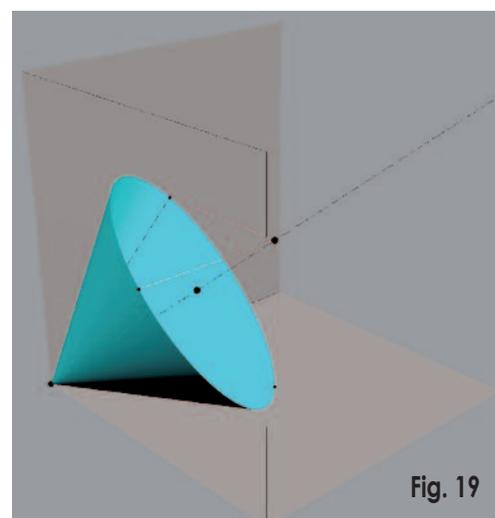
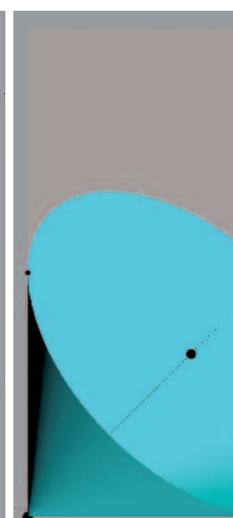


Fig. 19



portare una perpendicolare a un punto da un piano dato, ogni CAD dispone di propri specifici comandi.

### 7. DETERMINARE L'AMPIEZZA DELL'ANGOLO ASSE-GENERATRICE DI UNA FRESA-CONO, TALE CHE LA SUA SUPERFICIE SIA TANGENTE A TRE PIANI CONVERGENTI IN UN VERTICE

Qui le incognite diventano due. Procediamo nell'ipotesi che i tre diedri implicati abbiano ampiezza angolare retta.

**In effetti, qui il problema non consiste soltanto nel ricavare l'angolo tra asse e generatrice, ma consiste altresì nel trovare l'angolazione dell'asse rispetto ai rispettivi spigoli; angolazione che, merita fare presente, dovrà essere uguale nelle tre combinazioni.**

Per risolvere il problema grafico si può procedere nel modo seguente:

- Tracciare per ogni piano un suo parallelo nel verso della cavità, facendo in modo che la distanza sia uguale al raggio del cono-fresa convenzionale (ovvero 1), trovando le reciproche intersezioni (che, merita ricordare, si intersecheranno tutte in un punto) **(Fig. 16)**;

- Collegare questo punto all'origine del sistema con un segmento, ricavando in questo modo l'asse della fresa-cono **(Fig. 17)**;

- Collegare con il punto d'origine del sistema il punto in cui una delle intersezioni dette prima si incontra con il rispettivo piano, ricavando in questo modo la generatrice della fresa-cono e dunque l'ampiezza angolare con il rispettivo asse **(Fig. 18)**.

Anche in questo caso, per visualizzare la forma di detta fresa non occorre fare altro che rivoluzionare il segmento trovato rispetto alla linea sghemba parimenti trovata **(Fig. 19)**. Per finire è opportuno verifica-

re che l'intersezione tra la superficie del cono-fresa con i restanti piani dia risultato zero **(Fig. 20)**.

### 8. TROVARE IL VETTORE PER IL COMANDO "DEFINISCI VETTORE UTENSILE" IN ALPHACAM

**In tutti questi passaggi il punto-chiave è consistito nel trovare l'asse della fresa-cono o, stabilito esso a priori, trovare gli altri elementi.**

Tra i vari comandi per costringere una fresa ad assumere un determinato assetto spaziale, in Alphacam ve n'è uno di particolare efficacia. Si trova nella tendina "Lavora Spline o Polilinee" ed è indicato con le parole di "Definisci vettore utensile".

È da supporre che in altri software ci sia un comando simile. Questo comando richiede di digitare la terna di numeri che decompone un vettore in rapporto ai tre assi x; y; z. Il calcolo avrà esito immediato se il vettore sarà portato a lunghezza 1. I numeri della terna di cui sopra possono oscillare da -1 a +1. Ciò in ordine al noto problema trigonometrico dei coseni direttori. Il potente teorema di riferimento stabilisce che la somma dei rispettivi quadrati equivalga a 1. Nel caso di comuni lavorazioni a cinque gradi di libertà è doveroso e necessario precisare che i valori "z" non possono mai risultare negativi. Ciò, in quanto, l'intero semispazio al di sotto del bancale di lavoro risulta negato all'operatività degli elettro-mandrini.

Trovare in forma grafica i tre numeri in un CAD è davvero semplice.

Si può procedere nel seguente modo:

- Modellare in un punto qualsiasi dell'asse della fresa una sferetta di raggio 1; stando alla praticità del lavoro di tutti i giorni, è meglio se la sferetta è centrata nell'estremità "inferiore" dell'asse medesimo, in modo

Essenzialità del campo di lavoro in sede CAD (Rhinceros).

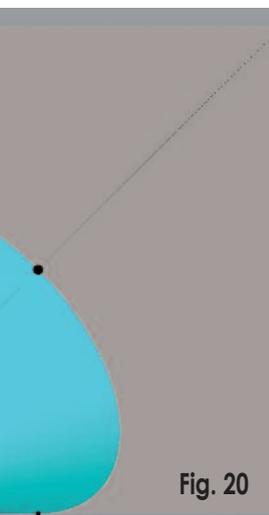
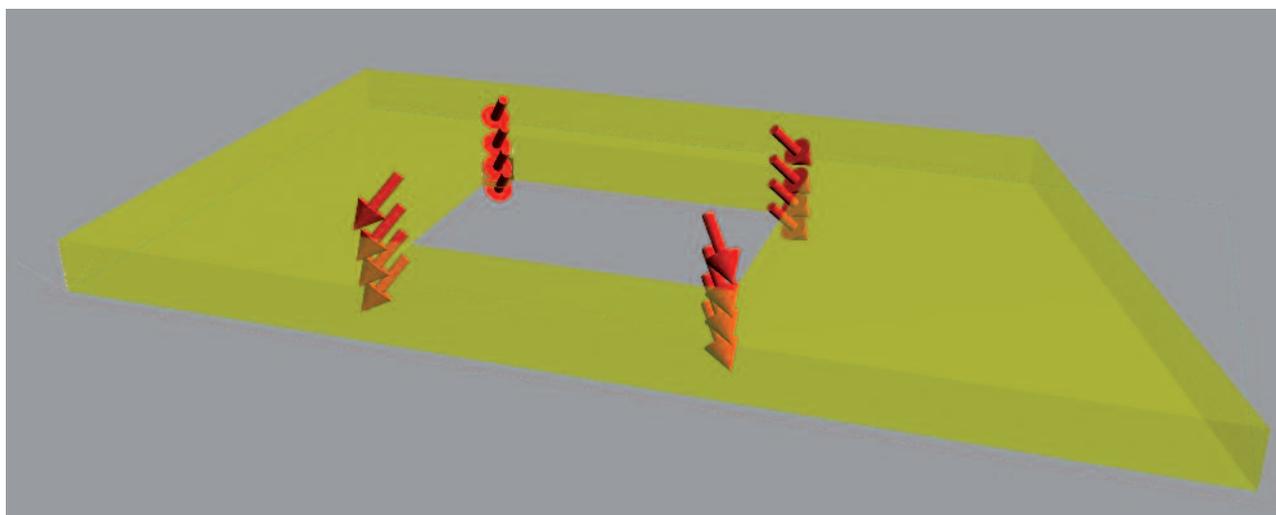


Fig. 20



Nella pagina a destra, in alto: valori trigonometrici intercorrenti tra: il raggio (ridotto a 1) della base del cono; la sua generatrice; la sua altezza; secondo alcuni angoli caratteristici.

Nella pagina a destra, in basso: essenzialità del campo di lavoro in sede CAM (Alphacam). Sotto: essenzialità e potenza del comando "Definisci vettore utensile".

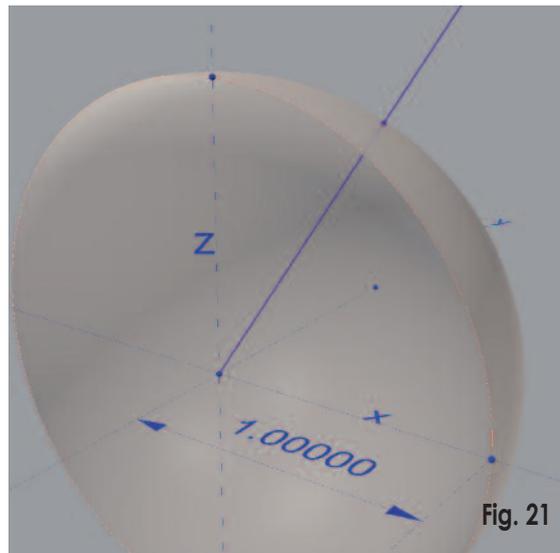


Fig. 21

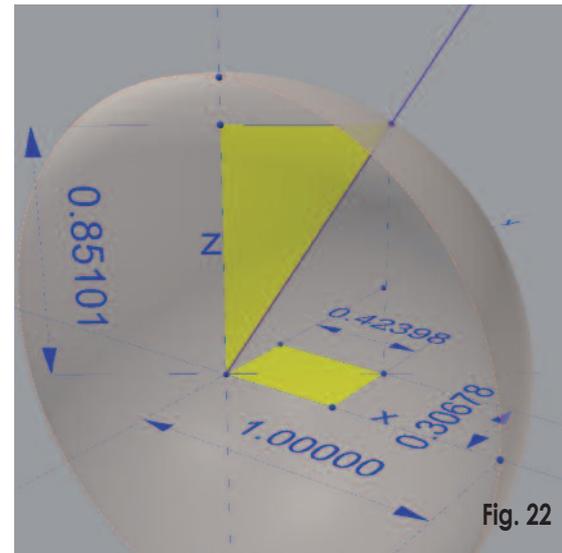


Fig. 22

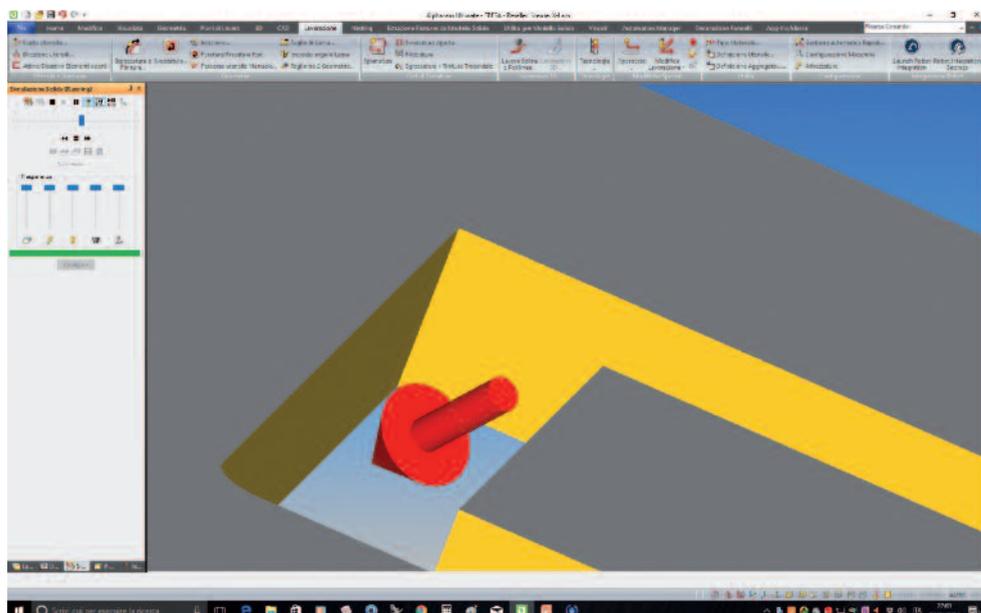
che fuoriesca nel rispetto del verso della fresa (se si lavora a millimetri, il raggio equivarrà a un millimetro);

- Fissare temporaneamente l'UCS-origine nel centro della sferetta;
- Intersecare la sferetta con l'asse e individuare un punto (Fig. 21);
- Valutare le coordinate – ma soltanto quelle parziali – di detto punto (riferite all'UCS temporaneamente spostato) (Fig. 22);
- Assicurarsi che il grado di tolleranza delle misure sia di almeno quattro cifre decimali dopo la virgola (meglio se le cifre sono cinque, tale da poter scartare con criterio l'ultima); ciò in quanto è tale il grado di tolleranza presupposto dal comando di Alphacam; fare molta attenzione ai segni + e -.

In alternativa ai primi due passaggi si può adottare quest'altra coppia di azioni:

- Modellare nel punto 0,0,0 del sistema di coordinate globali una sferetta di raggio 1;
- Copiare l'asse della fresa con punto di inserimento

Simulazione dell'azione di una fresa-cono in un diedro concavo.



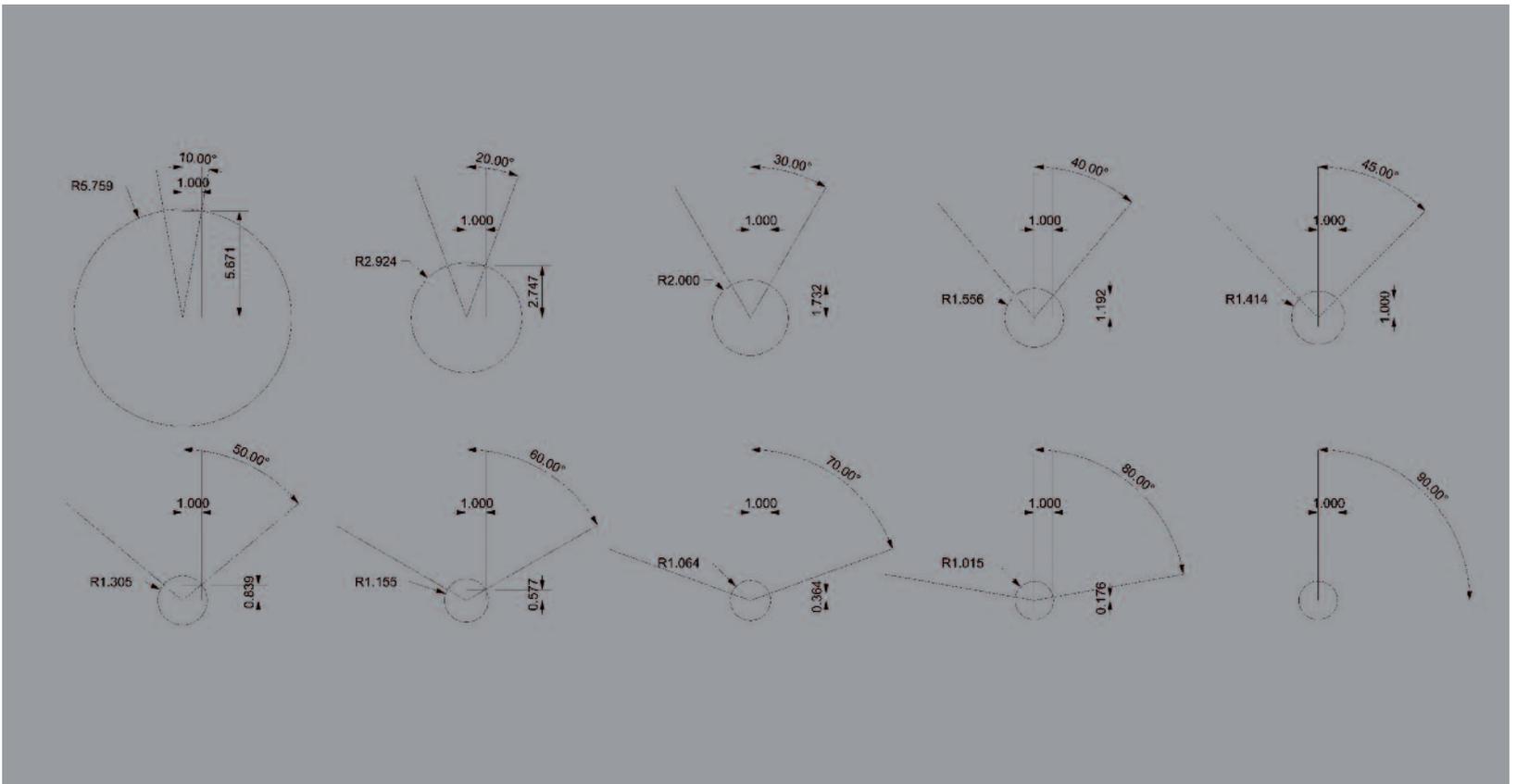
0,0,0 di uno dei suoi estremi, facendo attenzione di scegliere quello che non porta a scambiare il verso di assetto della fresa. Ottenute le tre cifre, non si tratta che di digitarle nel comando sopra detto. Ovviamente, poi, in una corretta programmazione CAD/CAM, occorrerà sempre scrupolosamente verificare che con i dati ottenuti non si vengano a produrre movimenti scorretti, tali da produrre guasti e rotture da collisione.

Tra i tanti casi applicativi delle metodiche qui trattate, ve n'è uno particolarmente significativo per quanto riguarda le lavorazioni su pannelli X-Lam.

**L'esempio riportato trae origine proprio dal comparto delle costruzioni lignee e fa riferimento al taglio chiuso per alloggiare una finestra;** situazione in cui tutti e quattro i diedri, riferiti al profilo del vacuo, sono concavi. Poiché in tali diedri concavi, con prassi usuali di lavorazione a fresa cilindrica non si può fare di meglio che lasciare un raccordo, al fine di arrivare allo spigolo vivo, altrettanto usualmente, si asporta il materiale eccedente con utensili manuali da taglio o con elettro-utensili portatili. Per lo più si tratta di operazioni a carattere erratico, improvvisato, ma soprattutto non a bordo macchina e dunque incerte, sia tecnicamente, sia economicamente. Applicando le metodiche qui presentate si può fare tutto a bordo-macchina, elevando senza ombra di dubbio il livello qualitativo di questo specifico comparto industriale.

**Questa metodica è vantaggiosamente applicabile in moltissime altre situazioni, anche quando saranno presupposti altri tipi di fresa, ragione per cui la presente esposizione è da prendere come base circa molti altri casi che in futuro tratterò.**

Anticipo già da ora che il prossimo caso che svilupperò riguarderà quello dell'elettro fresatura delle testate a "coda di rondine" dei pezzi per le costruzioni di tipo "block bau". Inoltre, inizierò a mettere a confronto, caso per caso, geometrie a spigoli vivi (poliedriche) e geometrie a superfici lisce (α-poliedriche).



### For a better quality in Blockbau construction...and more

Among the many application cases of the methods discussed in these pages, there is one particularly significant with regard to machining on X-Lam panels.

The example given originates from the sector of wooden buildings and refers to the closed cut to house a window; situation in which all four cornerstones, referring to the profile of the vacuo, are concave. Since in such concave corners, with usual cylindrical milling practices, it is not possible to do better than to leave a fillet, in order to reach the sharp edge, as usual, the excess material is removed with manual cutting tools or with electro-portable tools. Mostly they are erratic, improvised, but above all not on the machine and therefore uncertain, both technically and economically. By applying the methods presented here, everything can be done on board-machine, raising without any doubt the quality level of this specific industrial sector.

This method is advantageously applicable in many other situations, even when other types of milling machines will be presumed, which is why the present exposition should be used as a basis for many other cases that I will deal with in the future. I already anticipate that the next case I will develop will concern that of the electro milling of the "dovetail" heads of the pieces for the "block bau" type constructions. In addition, I will begin to compare, on a case by case basis, sharp-edged (polyhedral) geometries and smooth-surface ( $\alpha$ -polyhedral) geometries.

