

1 PARLAMO DI TITANIO
Numero atomico 22.

2 IL CASO CLINICO
Quotidiani protocolli
operativi in un flusso
full digital.

3 DIGITAL@ IPD PROCAM®
Librerie implantari
dirette liberamente
fresabili da tutti

4 L'OPINIONE
Fresare il titanio

Millingtitanium

LA FRESATURA DEL TITANIO.

Una sfida insidiosa ed affascinante
per veri professionisti del CAM.



Dr. Francesco Mangano
DDS, PhD, FICD*

** Professore, Digital Dentistry, Sechenov University, Mosca, Russia; Section Editor, Digital Dentistry, Journal of Dentistry (Elsevier); Socio Attivo Digital Dentistry Society (DDS); Direttore Mangano Digital Academy (MDA). Autore di 121 pubblicazioni su riviste internazionali indicizzate Pubmed e ad elevato impact factor; Esercita la libera professione a Gravedona (Como), dedicandosi esclusivamente all'Odontoiatria Digitale.*

Cari amici e colleghi,

bentornati in DentalTech, la rubrica che Infodent dedica al mondo del digitale in Odontoiatria. In questo primo numero di gennaio 2021 andiamo veramente sul tecnico, ed affrontiamo un argomento estremamente complesso, quello della fresatura del titanio: **#MillingTitanium**. Ormai l'Odontoiatria Digitale e le tecniche di computer-assisted-manufacturing (CAM) ci permettono di affrontare e lavorare, per via sottrattiva, svariati materiali: resine (per realizzare restauri provvisori di breve e media durata), ceramiche come disilicato di litio e zirconia (per restauri definitivi come faccette, inlays ed onlays, corone e ponti, arcate complete), polietere-eter-ketone (PEEK, utile per la fresatura di barre e framework protesici), gesso e ovviamente i metalli, tra i quali centrale è il ruolo del titanio. È chiaro che lavorare i metalli rappresenta un punto di arrivo nell'ambito del CAM: non è affatto banale e non è cosa per tutti! Servono solide conoscenze e grande esperienza, in particolare per affrontare il titanio che è un materiale bellissimo ed insidioso, dotato di caratteristiche peculiari. E servono macchinari adeguati. Cerchiamo di capire, insieme, quali sono gli elementi più importanti da considerare, nella fresatura del titanio. Ci guida in questo percorso di apprendimento un profondo conoscitore della materia, che ha una forte esperienza acquisita sul campo (perché l'esperienza è data dal fare le cose! Parlarne in linea teorica non è sufficiente!): Francesco Biaggini. Si tratta di un professionista straordinario ed è un grande piacere ospitarlo di nuovo su DentalTech, perché è un caro amico. Buona lettura!

Francesco Mangano

Titanio: numero atomico 22.



Francesco Biaggini, imprenditore, CEO di AbutmentCompatibili.com*

**Diplomato Itis a Genova nel 1995, ha intrapreso il proprio percorso formativo seguendo come organizzatore i corsi di Parodontologia ed Implantologia presso lo studio Sicor del Dr. Giuseppe Corrente, i corsi di Protesi del Dr. Aldo Anglesio Farina, i corsi di Implantologia del Prof. Paolo Mangiante e del Prof. Alberto Rebaudi. Responsabile area implantologia presso la Biaggini Medical Devices e specialist per KLS Martin dal 2000 al 2012. Ha partecipato alla stesura dell' "Atlante di Implantologia" 1°, 2°, 3° e 4° edizione. Specializzato in Chirurgia Guidata con firma su pubblicazioni internazionali, relatore in corsi di Odontoiatria Digitale in Università e Associazioni Scientifiche. Firmatario di pubblicazioni sulla stampa 3D e sulla protesi implantare. Dal 2013 è CEO di AbutmentCompatibili.com*

Cosa sappiamo davvero del titanio e cosa pensiamo di sapere su questo metallo dal numero atomico 22? Con l'avvento della fresatura in house nel settore dentale si è iniziato a lavorare con processi di asportazione metalli come il titanio, dalle caratteristiche fisico chimiche quasi uniche. Spesso, però, i processi di lavorazione semi industriale non sono supportati da un'adeguata conoscenza del materiale e delle corrette procedure di lavorazione, e ancora oggi in molti tendono a fresare il titanio come se fosse un qualsiasi metallo, senza conoscere le insidie e ignorando le inevitabili conseguenze che questo approccio può comportare. Questo breve articolo, una collezione estrapolati di articoli e tesi di laurea e di valutazioni personali, un taccuino di appunti, non ha la pretesa di insegnare come lavorare il titanio, piuttosto intende evidenziare gli elementi che un operatore a bordo macchina (anche nella versione più desktop) dovrebbe approfondire per una corretta conoscenza della materia. Il presente articolo è frutto di una raccolta di dati e informazioni, tesi di laurea, articoli pubblicati, esperienze dirette e rappresenta un emozionante viaggio fin nelle profondità della lega di titanio.

PROPRIETÀ FISICHE DEL TITANIO ⁽¹⁾

Il titanio situato nel IV gruppo della tavola periodica con numero atomico 22, ha eccellenti proprietà dal punto di vista ingegneristico:

- bassa densità;
- alta resistenza (è resistente quanto l'acciaio e due volte più dell'alluminio);
- basso modulo di elasticità;
- bassa conducibilità termica;
- bassa espansione termica;
- eccellente resistenza a corrosione;
- biocompatibilità.

Il titanio, estratto dai minerali, una volta reso puro (**Fig. 1**) si presenta bianco e brillante, ed è duttile solo se contiene quantità di ossigeno trascurabili; si brucia in aria ed è l'unico elemento che si brucia in azoto puro. Il titanio può esistere in due forme cristalline: la fase (*alfa*) a cui corrisponde una struttura cristallina esagonale compatta, stabile a basse temperature, e la fase (*beta*) che ha una struttura cubica a corpo centrato, stabile alle alte temperature. Nel titanio non legato la fase è stabile a tutte le temperature fino a 882°C, dove si trasforma in fase; questa temperatura è conosciuta come temperatura di "beta transus" e la fase è stabile da 882°C al punto di fusione, ovvero 1660°C. Il titanio ha un basso valore di densità (4.54 g/cm³), approssimativamente il 56% dell'acciaio, è il 60% più



Fig. 1. Il titanio nella sua forma più pura.

pesante dell'alluminio, ma due volte più resistente.

IL TITANIO E LE SUE LEGHE

Il titanio e le sue leghe sono classificati in tre grandi categorie, in base alle fasi predominanti presenti nella microstruttura. A temperatura ambiente il titanio ha struttura cristallina esagonale chiamata (*alfa*); a circa 882°C, la fase si trasforma in una struttura cubica a corpo centrato, fase (*beta*), stabile fino al punto di fusione, tra 1650°C e 1700°C. L'alluminio stabilizza la fase, innalzando la temperatura di trasformazione alfa-beta; tra gli altri alfa stabilizzatori ci sono carbonio, ossigeno ed azoto, che formano soluzioni solide interstiziali nel titanio. Gli effetti di rinforzo di questi ultimi elementi interstiziali scompaiono nel range di temperatura da 260°C a 430°C, mentre gli effetti di rinforzo dell'alluminio rimangono fino a circa 540°C. Oltre all'effetto di rinforzo, entro questi limiti gli elementi interstiziali causano infragilimento. I beta stabilizzanti, come idrogeno, rame, silicio, palladio, cromo, niobio, ferro, manganese, molibdeno, tantalio e vanadio, abbassano la temperatura di trasformazione alfa-beta, rendendo la fase stabile alle basse temperature; stagno e zirconio, infine, sono altamente solubili in entrambe le fasi e sono sostanzialmente neutrali nelle quantità presenti nelle leghe attuali, agendo come rinforzanti della fase. Siccome la struttura cubica del titanio beta contiene un maggior numero di piani di scorrimento rispetto a quelli presenti nella forma esagonale alfa, il titanio beta è più facilmente deformabile.

LE LEGHE ALFA

La principale variabile microstrutturale delle leghe alfa (**Fig. 2**) è



Fotografa il QR Code con il tuo smartphone per consultare la tabella comparativa delle leghe di titanio.



Fig. 2. Il titanio nella sua forma più pura.

la dimensione del grano. Snervamento e rottura (creep) sono direttamente influenzate dalla dimensione. Leghe "Super Alfa" sono tipologie ad altissimo contenuto di alluminio ed estremamente povere di grani in fase beta. Le leghe alfa più comuni sono la lega Ti- 5Al-2,5Sn ed una lega con bassa quantità di elementi interstiziali (ELI), che ha la stessa composizione della precedente. La qualità ELI può essere ottenuta commercialmente per colata o con ogni altro tipo di lavorazione ed è usata in numerose applicazioni aerospaziali; inoltre, è utilizzata per realizzare serbatoi a riempimento di idrogeno liquido e per vasi ad alta pressione operanti al di sotto dei -200°C , poiché essa mantiene duttilità e tenacità alle temperature criogeniche. Troviamo spesso titanio ELI nelle produzioni di impianti dentali israeliani, questo paese è stato uno dei primi ad usare queste leghe per scopi militari aumentandone la disponibilità anche nelle produzioni civili e medicali.

LE LEGHE BETA

Il titanio può esistere completamente in fase beta (Fig. 3) a temperatura ambiente (fase beta metastabile); l'aggiunta di alcuni elementi nella lega può inibire la trasformazione da beta

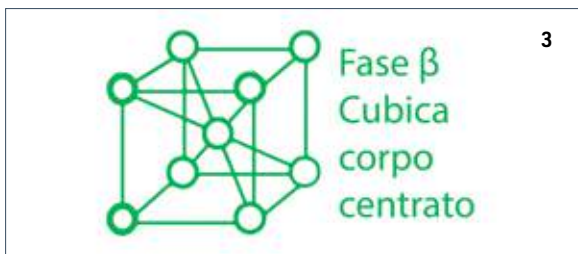


Fig. 3. Fase Beta del titanio.

ad alfa. Le leghe beta sono abbastanza ricche di beta stabilizzanti, e povere di alfa stabilizzanti, in modo che possa essere ottenuta, tramite velocità di raffreddamento appropriate, una microstruttura in cui sia presente solo fase beta. Le leghe beta sono instabili e la precipitazione della fase alfa nella fase beta metastabile è un metodo usato per rinforzarle. Sono, quindi, leghe in grado di acquisire una buona durezza, hanno buona lavorabilità a freddo e presentano alta resistenza quando sono invecchiate.

LE LEGHE ALFA-BETA

Le leghe Alfa-Beta contengono sia elementi alfa stabilizzanti che beta stabilizzanti. Generalmente, quando si desidera un rinforzo, le leghe vengono raffreddate rapidamente a partire da alta temperatura. Le leghe Alfa-Beta hanno un'alta resistenza ma sono meno formabili delle leghe alfa. Questa classe di leghe di titanio incide su oltre il 70% di tutto il titanio impiegato commercialmente. Dal punto di vista microstrutturale, i costituenti alfa, quelli rimasti beta e quelli trasformati in beta possono esistere in diverse forme: equiassici, aciculari o come combinazione di questi due. Le strutture equiassiche

si formano durante la lavorazione della lega nel range di temperature alfa-beta e durante le eventuali ricotture a basse temperature; le strutture aciculari, invece, hanno origine da lavorazioni o da trattamenti termici a temperature prossime alla beta transus, seguiti da rapido raffreddamento. Il rapido raffreddamento dalle alte temperature nel range alfa-beta si traduce nella formazione di strutture primarie di alfa equiassico e secondarie di beta trasformato.

CONCETTI GENERALI SULLA LAVORABILITÀ DEL TITANIO

Il titanio e le sue leghe sono sempre state caratterizzate da un'estrema difficoltà di lavorazione ⁽²⁾, dovute alle particolari caratteristiche meccaniche e chimiche del materiale: la bassa conducibilità termica, l'alta reattività chimica e il basso modulo di elasticità del materiale. Il titanio ha bassa conducibilità termica, per cui il calore generato dall'azione di taglio non è dissipato velocemente per conduzione all'interno del pezzo in lavorazione, e si concentra sul tagliente e sul petto dell'utensile. Le polveri di titanio in saturazione delle camere di fresaggio, se non correttamente gestite, possono incendiarsi e bruciare in modo violento. Il titanio ha modulo elastico relativamente basso, apprezzato sul prodotto finale, ma che può essere causa di difficoltà di lavorazione. Sotto la pressione dell'utensile il materiale "elastico" tende ad allontanarsi dalla zona di taglio soprattutto nelle passate "leggere" tipiche del settore dentale. Le parti più sottili si deflettono e il bordo tagliente più che tagliare tende a strisciare sul pezzo, provocando vibrazioni, problemi di tolleranza e portando le frese ad una sovra produzione di calore. Le forze di taglio e potenze richieste sono inferiori rispetto ad altri materiali, tuttavia a questi bassi valori di forze si associa una molto più piccola area di contatto sul petto dell'inserto, rispetto a quando si tagliano altri tipi di materiali. Questo significa che lo sforzo di compressione sul tagliente è molto elevato, e determina usura e deformazione, quindi una ridotta vita degli utensili da taglio. Il materiale asportato per ottenere una ragionevole vita utile dell'inserto risulta minore di quando si lavora acciaio. Inoltre, a causa della piccola area di contatto, l'angolo del piano di scorrimento è ampio (Fig. 4).

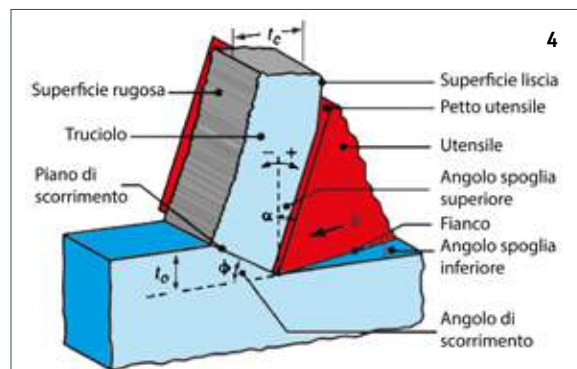


Fig. 4. Processo di taglio del titanio, definizioni.

Tenendo conto delle caratteristiche del materiale sopra descritte, si può arrivare a dei criteri generali di lavorazione:

- utilizzo di basse velocità di taglio, per minimizzare la creazione di calore. Velocità di taglio eccessive sono molto più dannose con il titanio che con altri materiali: un aumento della velocità del 30% può ridurre dell'80% la durata dell'utensile;
- la velocità di taglio incide sulla durata dell'inserto molto di più che gli altri parametri di taglio;
- impiego di avanzamenti relativamente alti. La temperatura è meno influenzata dall'avanzamento che dalla velocità di taglio, pertanto è conveniente usare gli avanzamenti più alti possibili, compatibili con una buona lavorazione;

- utilizzo di taglienti positivi che consentano al truciolo di scorrere più velocemente sul petto del tagliente, e quindi di limitare l'effetto di incrudimento;
- uso di un flusso molto abbondante di fluido da taglio, per aumentare l'effetto refrigerante. È necessario inoltre che il flusso sia diretto esattamente nel punto di taglio. In seguito alla bassa conducibilità termica infatti l'effetto refrigerante è molto ridotto se non esercitato direttamente sul punto di creazione del calore;
- mantenimento di un'affilatura degli utensili molto accurata e loro sostituzione al minimo accenno di usura. Quando si lavora con una macchina utensile complessa o con un centro di lavoro (fresatori a 5 assi da metallo), a causa dei costi di ammortamento della macchina, la produzione è molto più importante della vita dell'utensile da taglio, di conseguenza è consigliabile far lavorare un utensile fino al limite della sua capacità, ma sostituirlo non appena la sua efficienza di taglio comincia a diminuire;
- assicurare la massima rigidità di tutto il sistema di lavorazione (macchina, mandrino, portamandrino e utensile) per compensare l'elasticità del materiale ed evitare al massimo le vibrazioni;
- non fermare mai l'avanzamento mentre pezzo ed utensile in movimento sono a contatto. Lasciare sostare l'utensile provoca l'immediato incrudimento e surriscaldamento del materiale e favorisce abrasioni, grippature e rotture dell'utensile.

CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI

La fresa adatta alla lavorazione è scelta mediante angoli e geometrie specifiche per la lavorazione del titanio (Fig. 5):

- angolo di registrazione;
- angolo di inclinazione;
- angolo di spoglia superiore;
- passo;
- micro geometria del tagliente.

L'angolo di registrazione è l'angolo tra il tagliente principale e la



Fig. 5. Esempio di fresa multilama.

superficie del pezzo da lavorare. Questo angolo influenza fortemente l'entità degli sforzi e lo spessore del truciolo durante la lavorazione. Il titanio, avendo la tendenza a flettersi, come prima illustrato, necessita di forze di taglio ridotte. Un angolo di registrazione minore riduce lo spessore del truciolo, determina la ripartizione del materiale su una superficie più ampia del tagliente, comporta una penetrazione più graduale nel taglio, con una conseguente riduzione della pressione radiale e una protezione del tagliente. Lo spessore di truciolo prodotto e la lunghezza della superficie di contatto sono notevolmente ridotti. Per la stessa passata vengono generate forze di taglio più basse ed è richiesto un minore assorbimento di potenza. Le frese doppio positive hanno un'azione di taglio dolce, quindi sono vantaggiose quando il pezzo è deformabile o instabile, ha la tendenza

ad incrudirsi, oppure quando la potenza disponibile è limitata. La spoglia positiva è quella più usata, consente un utilizzo migliore della capacità della macchina e provoca un minor riscaldamento del tagliente. L'angolo di spoglia negativo si dovrebbe utilizzare quando è richiesto un tagliente più robusto, come ad esempio per la fresatura di materiali come il cromo-cobalto. Un'altra caratteristica fondamentale da prendere in considerazione nella scelta della fresa più adatta ad una generica lavorazione, è il passo, ossia la distanza angolare tra i denti sulla fresa, e varia a seconda della fase di lavorazione associata. La scelta del passo nella lavorazione del titanio non è così rigorosa. Tuttavia, dato che il passo determina il numero di denti, l'avanzamento tavola e il relativo tempo di truciolo-truciolo, si opta, se possibile, verso un passo stretto che consenta di aumentare la produttività su lavorazioni industriali; mentre si predilige un passo largo nelle lavorazioni odontoiatriche che asportano volumi di materiale decisamente inferiori alle meccanica. Infine, nella scelta della geometria di una fresa per il titanio, incide fortemente la micro geometria, ossia la preparazione del tagliente. La micro geometria adatta alla lavorazione del titanio deve avere tagliente positivo e affilato, condizione fondamentale nel taglio del materiale. Il tagliente, inoltre, deve avere una buona resistenza all'usura per abrasione, deformazione plastica e diffusione, nonché tenacità e robustezza. È possibile prolungare la vita degli utensili da taglio per la fresatura frontale usando sempre una fresatura con alimentazione concorde (Fig. 6), riducendo al minimo indispensabile le lavorazioni asimmetriche (Fig. 7) delle frese, soprattutto le più

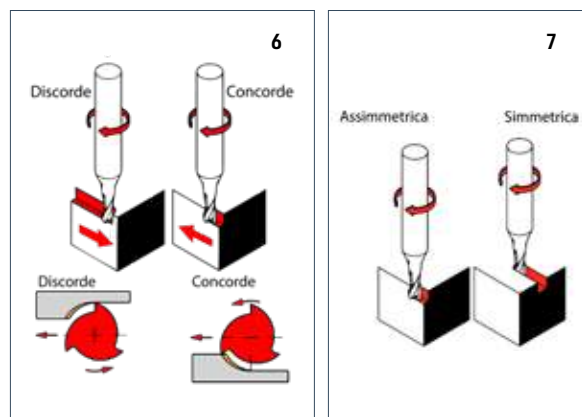


Fig. 6. Esempio di fresatura concorde e discorde.
Fig. 7. Esempio di fresatura simmetrica e asimmetrica.

piccole di diametro. Nella fresatura in concordanza la direzione di avanzamento del pezzo da lavorare corrisponde a quello di rotazione della fresa nell'area di taglio. Durante la lavorazione i trucioli di titanio tendono a saldarsi al tagliente della fresa e, quando il tagliente rientra nel metallo e i trucioli si staccano, portano via una parte del tagliente. La fresatura con alimentazione concorde produce un truciolo fine quando i denti dell'utensile da taglio escono dal pezzo, e quindi il truciolo si separa dal materiale nel punto in cui ha spessore minimo, riducendo così la tendenza del truciolo a saldarsi al tagliente. Come in tutte le operazioni di lavorazione del titanio, devono usarsi utensili affilati per ridurre lo sfregamento e la tendenza alla saldatura. Gli angoli di spoglia inferiore o angoli di incidenza per le frese frontali devono essere maggiori di quelli usati per l'acciaio. In generale, si sceglie il diametro della fresa tenendo conto delle dimensioni della stessa rispetto al pezzo da lavorare e della potenza della macchina. La posizione della fresa rispetto al pezzo da lavorare e l'impegno dei denti della fresa sono fattori fondamentali per l'esecuzione corretta dell'operazione.

DEFORMAZIONI DEL SOTTOSUOLO MICROSTRUTTURATO DURANTE LA FASE DI FRESATURA (3-4)

Il processo di fresatura nella sua micro o nanodimensione è un evento traumatico per il grezzo da fresare. Quello che nella macro dimensione è un tagliente risulta essere nella microdimensione un evento brutale, distruttivo, traumatico. I metalli, le plastiche o gli agglomerati di polveri vengono scossi da un utensile che strappa o sgretola parte del loro tessuto esterno, questo si ripercuote sugli strati più prossimi del materiale con deformazioni e micro cricche (Fig. 8). Parametri di taglio sbagliati, utensili non dedicati al materiale fresato, frese di scarsa qualità o usurate possono aumentare notevolmente questo trauma lasciando ripercussioni strutturali anche importanti. Analizziamo il fenomeno e le possibili cure.

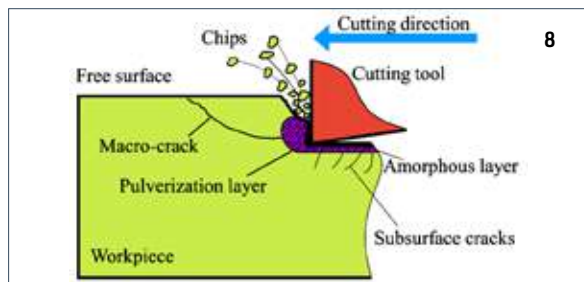


Fig. 8. Suddivisione delle zone di trauma causate dalle fresatura.

MICROSTRUTTURA

La deformazione microstrutturale del sottosuolo causata dalla lavorazione consiste in bordi di grano deformati nella direzione del taglio e allungamento degli stessi (Fig. 9). Questi tipi di difetti sono tipicamente creati durante la lavorazione di leghe di titanio, che nella sua fase Alpha-Beta è formato da grani di fasi differenti di titanio, stabilizzate da metalli aggiunti in fase di colata. La fresa

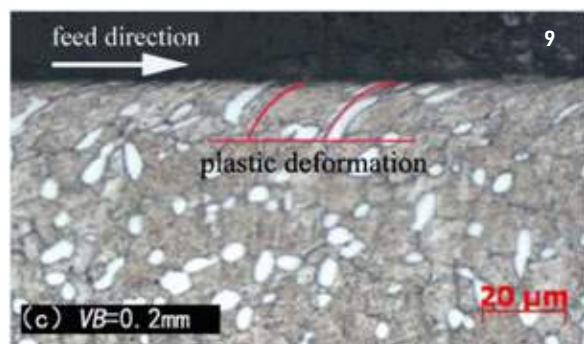


Fig. 9. Deformazione dello strato superficiale del titanio causato da usura degli utensili

con la sua geometria e forma strappa dalla base del grezzo una parte di esso, il truciolo, e l'area sottostante si polverizza nel primissimo strato e si deforma negli strati sottostanti. I grani stessi si deformeranno e scivoleranno lungo le linee di collegamento dei cristalli Alpha e Beta; il calore causato da questo movimento e dall'attrito della fresa cercherà di spostare di fase il metallo e micro crepe si creeranno lungo le aree di maggior cedevolezza dello stesso. Osservazioni delle foto ad importanti ingrandimenti ci consentono di concludere che la microstruttura nella regione superiore fino a diversi micrometri al di sotto della superficie lavorata tende a mostrare deformazioni plastiche nella direzione dell'avanzamento

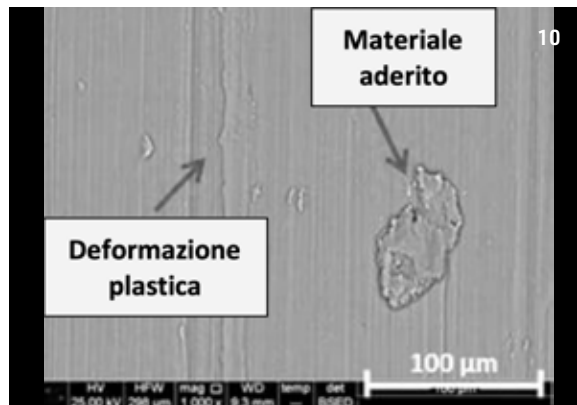


Fig. 10. Esempi di difetti superficiali causati da una refrigerazione errata o non sufficiente.

delle frese (Fig. 10). Le immagini evidenziano che la gravità della deformazione plastica del sottosuolo è dipendente dalla velocità di taglio e dall'usura dell'utensile. Questa forma di alterazione microstrutturale è tipicamente associata al riscaldamento superficiale altamente localizzato causato da una lavorazione con parametri errati o da uno strumento usurato. Con l'aumento della velocità di taglio, da bassa ad alta, diminuiscono le deformazioni plastiche e le alterazioni profonde della microstruttura. La deformazione plastica sulla superficie lavorata è causata dall'elevata pressione di taglio ad alta temperatura durante il processo di lavorazione. La lavorazione prolungata utilizzando un utensile usurato produce una importante deformazione plastica e una profonda alterazione della microstruttura sulla superficie lavorata. Le zone di deformazioni o frantumazione, unite alle rigature lasciate dal trascinamento di trucioli non distaccati dalle frese, o da incapsulamento e trascinamento di parti di tagliente distaccatosi dalle frese (Fig. 11) possono essere classificate come possibili zone di innesco delle fratture. Ogni

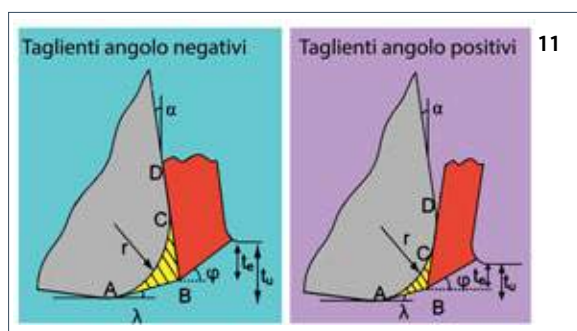


Fig. 11. Taglienti con angoli positivi risultano più efficaci nella lavorazione del titanio, limitando accumulo del calore e deformazioni alle aree circostanti al suo vertice.

piccola crepa, ogni rigatura del metallo, ogni irregolarità tende a concentrare su se stessa le forze; più la superficie risulterà irregolare più la concentrazione sarà elevata.

DIFETTI DI SUPERFICIE

Un'analisi qualitativa al SEM con rivelatore ETD effettuata dall'Università di Padova (11) ha permesso di identificare i principali difetti tipici delle lavorazioni di tornitura e fresatura, ne sono riportati alcuni esempi in Fig. 12. Le diverse tipologie di difettosità si possono categorizzare a seconda del meccanismo che li ha generati:

- Alte temperature: provocano una bassa conducibilità termica e

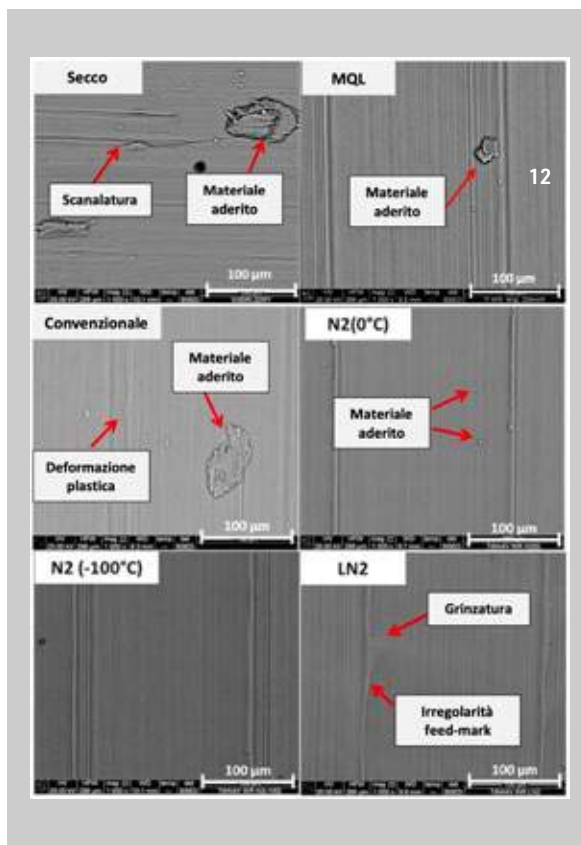


Fig. 12. Differenti difetti superficiali con l'utilizzo di differenti tecniche di refrigerazione.

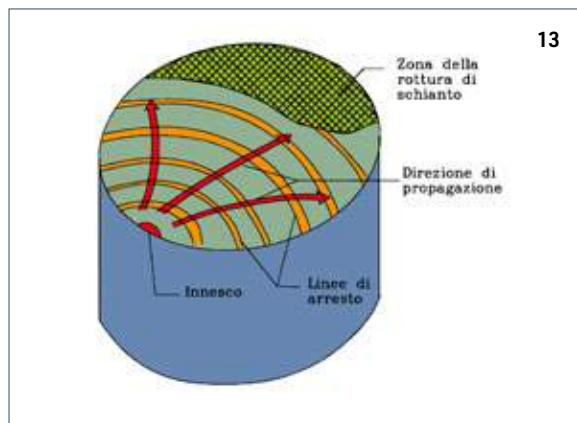


Fig. 13. Schema di propagazione di una frattura



Fig. 14. Esempio di frattura a fatica, punto di innesco, linee di propagazione, zona di schianto.

portano ad avere particelle risaldate sulla superficie, il materiale aderito può provenire da truciolo risaldato o da un reflusso laterale di taglio (side-flow);

- Basse temperature: provocano un calo della plasticità della lega che porta a difetti come irregolarità dei "feed-mark", "side flow", grinze (wrinkles) e strappi.

I difetti maggiormente riscontrati dallo studio sono originati da materiale aderito ed alte temperature; il tipo di lubrificazione e di raffreddamento hanno evidenziato scostamenti importanti, il risultato peggiore è con lavorazioni prive di raffreddamento o lubrificazione, il migliore è quello con un raffreddamento della lavorazione a -100° . Questo studio evidenzia come anche il refrigerante e quindi la temperatura accumulata dall'utensile e dal grezzo possono ulteriormente contribuire a creare difettosità in superficie che sommate a quelle profonde descritte precedentemente possono contribuire all'innesco di microcricche coadiuvanti al meccanismo di rottura a fatica.

MECCANISMO DI ROTTURA A FATICA DEL TITANIO ⁽¹³⁾

La rottura a fatica consiste di tre fasi fondamentali (Fig. 13):

- Fase 1: Innesco di una o più cricche;
- Fase 2: Propagazione della cricca dominante;
- Fase 3: Frattura finale.

Le cricche di fatica hanno generalmente inizio sulla superficie; le condizioni della superficie, rugosità superficiale, graffi o segni di lavorazione meccanica, influenzano in maniera determinante la resistenza a fatica. La deformazione plastica gioca un ruolo fondamentale in questa fase; l'applicazione ripetuta di carichi variabili determina la formazione, all'interno dei grani superficiali, di bande di scorrimento che causeranno l'innesco.

FASE 1: INNESCO

Questo primo stadio, l'innesco, è definito anche assetamento microstrutturale. Slittamenti "disordinati" dei piani cristallini del metallo si localizzano in bande disposte a 45° rispetto alla direzione dello sforzo applicato, generando microintrusioni e microestrusioni (Fig. 14).

La frattura si innesca quasi sempre sulla superficie del pezzo ed è dovuta a irregolarità superficiali di qualsiasi tipo, ad esempio microcricche e microtagli. Complementare conseguenza dell'innesco è la nucleazione di microintrusioni e microestrusioni che determinano l'innesco del danneggiamento per fatica. Sul fondo di tali microintrusioni gli sforzi risultano amplificati per effetto d'intaglio, per cui il materiale in quel punto cederà facilmente e si formeranno delle microcricche. Queste tendono a riunirsi, andando a formare la cricca vera e propria, che si considera ormai nucleata quando raggiunge la profondità di circa 0.1 mm.

FASE 2: PROPAGAZIONE DELLA CRICCA

La cricca si propaga in direzione ortogonale alla direzione esterna. In particolare dopo la nucleazione della cricca, la sua propagazione avviene in maniera transgranulare e in senso perpendicolare a quello del massimo sforzo; ad ogni ciclo di sforzo la cricca avanza di un "passo" e lascia a volte tracce caratteristiche, dette "striature" (Fig. 15). All'apice della cricca si ha intensificazione degli sforzi. Se il materiale è tenace, si ha deformazione plastica e propagazione della cricca; aumenta il raggio di plasticizzazione all'apice della cricca e di conseguenza avviene l'arresto della cricca stessa. Questo arrestarsi e ripartire della cricca per ogni ciclo dà origine alla formazione delle "linee di spiaggia" o arresto tipiche della zona di propagazione.

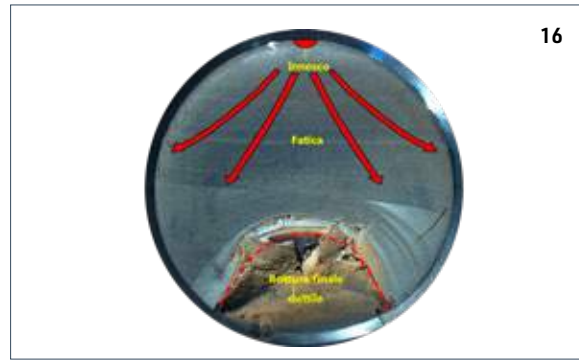
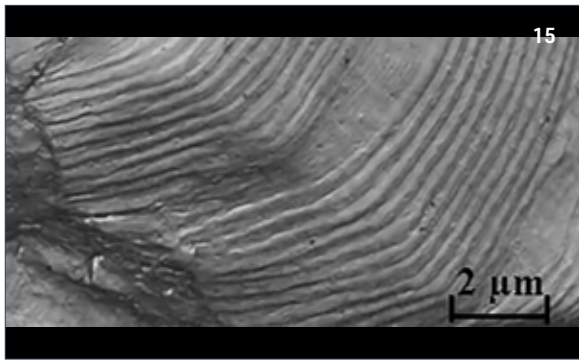


Fig. 15. Esempio di linee di propagazione chiamate anche linee di spiaggia.

Fig. 16. Schema di propagazione di una frattura

FASE 3: FRATTURA FINALE

L'avanzare della cricca porta ad una progressiva diminuzione di sezione resistente; quando la sezione resistente si riduce e la dimensione della cricca raggiunge il valore della sezione critica del materiale, si ha la frattura finale di schianto per sovraccarico (statico) (Fig. 16).

LE CONCLUSIONI

Il titanio è un materiale eccezionale sotto svariati punti di vista, ed indispensabile nell'attuale pratica clinica; le macchine, i fresatori, sono dei gioielli della meccanica, i software CAM sono dei miracoli della meccatronica. Resto sempre stupito dalla leggerezza con il quale, spesso, viene affrontato l'argomento. Nei laboratori o studi dentistici, la semplificazione estrema dei processi di produzione permette di avviare quasi sempre un fresatore a 4 o 5 assi, e di ottenere un manufatto fresato; ma questo non vuol dire padroneggiare la

materia. Il mondo della fresatura del titanio e a cascata degli acciai e delle zirconie è una terra ancora troppo sconosciuta al nostro piccolo settore dentale. Potremmo ottenere immense risorse ed esperienze traslandole dalla meccanica, ma continuiamo a non voler vedere la fortuna che abbiamo a disposizione. Troppo spesso la fresa è un obolo da pagare senza dare grande importanza, l'emulsione è serbatoio di acqua sporca da rabboccare saltuariamente, il CAM un incomprensibile software che pone domande stupide e senza senso. Siamo ragazzini che giocano in un campetto da oratorio, circondati da stadi da Champions League pieni di campioni. Ci basterebbe un po' più di curiosità e dedizione alla comprensione e/o formazione per ottenere miglioramenti incredibili. Il mio consiglio? Non smettete mai di essere curiosi e prestare attenzione a ciò che vi circonda, non date mai nulla per scontato e non aggrappatevi a delle convinzioni; nel mare della vita non puoi fermare le onde, ma puoi imparare a padroneggiarle e surfarle.

BIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1) Tecnologie per la realizzazione e funzionalizzazione di nanotubi di titanio. (Dottorato di ricerca. Ing. Annalisa Acquesta).
- 2) Progettazione e realizzazione di un utensile per la fresatura di leghe di titanio. (Tesi di laurea Ing Maria Eugenia Nardis).
- 3) Bi Zhang & Jingfei Yin. The 'skin effect' of subsurface damage distribution in materials subjected to high speed machining. *International Journal of Extreme Manufacturing*,
- 4) Du Jin & Zhanqiang Liu. Damage of the machined surface and subsurface in orthogonal milling of FGh95 superalloy. *Int J Adv Manuf Technol*
- 5) Pun Krishna Kaway & Xueping Zhang. Experimental Study on Surface Integrity of Titanium Alloy Ti6Al4V by Ball End Milling. *Journal of the Institute of Engineering*.
- 6) A. Pramanik & G. Littlefair. Machining of titanium alloy (ti-6al-4v) - theory to application.
- 7) P.J.T. Conradie, G.A. Oosthuizen, D.M. Dimitrov & M. Saxer. Effect of milling strategy and tool geometry on machining cost when cutting titanium alloys. *South African Journal of Industrial Engineering*.
- 8) Yang Houchuan & Chen Zhitong & Zhou ZiTong. Influence of cutting speed and tool wear on the surface integrity of the titanium alloy Ti-1023 during milling. *Int J Adv Manuf Technol*
- 9) S.Kolahdouz, M.Hadi, B.Arezoo, S.Zamani. Investigation of surface integrity in high speed milling of gamma titanium aluminide under dry and minimum quantity lubricant conditions.
- 10) Metodi energetici per il calcolo dei fattori di intensificazione delle tensioni in problemi bidimensionali e tridimensionali. (Tesi laurea Ing Luca Pittarello).
- 11) Tecniche ibride di lubrificazione/ refrigerazione atte all'incremento della lavorabilità in tornitura della lega ti6al4v. (Tesi laurea, Ing Daniele Verbaro).
- 12) Rangert B, Jemt T, Jörneus L. Fatigue Fracture of Implant System Using TiN and WC Coated Abutment Screw Forces and moments on Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*.
- 13) La fatica nei materiali metallici: dalla teoria alla pratica. (Tesi laurea. Ing Luca Baiocchi.)

QUOTIDIANI PROTOCOLLI OPERATIVI IN UN FLUSSO FULL DIGITAL

Pianificazione, convalida, fresatura multi-asse del titanio



Alessio Marsili, MDT*

** Odontotecnico, responsabile del reparto di protesi fissa e CAD/CAM DIGILAB srl di Roma, ha 16 anni di esperienza nel settore. Da oltre 10 anni si occupa di lavorazioni digitali. Esperto di CAD/CAM, stampa 3D, chirurgia guidata, protesi fissa e protesi mobile, ha frequentato diversi corsi di formazione ed ha partecipato, in qualità di relatore, al Congresso ExpoDental di Rimini. Svolge attività di formazione insieme al Dott. Constantinescu su chirurgia guidata di Digilab/Rossi/Salus/Alpha Bio.*

Nel 2014 decidemmo con alcuni soci/collaboratori di creare Digilab. Tale scelta ci conduceva fuori dalla normale comfort zone del laboratorio odontotecnico tipico di quegli anni, portandoci verso una specializzazione nell'odontoiatria digitale e verso il mondo del fresaggio multi-asse. Da subito gli obiettivi furono chiari, perché desideravamo offrire un pacchetto digitale completo e di altissimo livello: Software 3Shape, stampanti DWS, fresatori DentalMachine G5 e metallo, tanto metallo fresato. Il metallo che da sempre preferiamo lavorare è il titanio, dalle eccezionali caratteristiche biologiche, ottime quelle meccaniche; senz'altro complesso dal punto di vista della lavorabilità per asportazione truciolo in micro-meccanica di precisione. Quello che presentiamo oggi è un caso all'apparenza semplice, ma che racchiude tutte le difficoltà che quotidianamente affrontiamo con il team Digilab. La paziente, 42 anni, odontofobica, con una storia clinica iniziata in un'altra città, si presentava all'attenzione del Dr. Carlo Cosma con un edentulia del 45 e 46 conseguente alle estrazioni precoci dei due elementi, non più recuperabili. Il piano di trattamento offerto alla paziente prevedeva l'inserimento in chirurgia guidata di due impianti Zimmer TSV da 3.75mm (Fig. 1), un periodo di osteointegrazione di circa 3 mesi, impronte digitalizzate, scansione intraorale (Fig. 2), convalida delle posizioni implantari e consegna del manufatto definitivo. Il piano di trattamento mirava a ridurre al minimo le sedute in studio, e contenere il livello di stress della paziente. La quasi totalità delle prescrizioni che riceviamo dallo studio Cosma prevedono un flusso digitale, e il protocollo operativo che adottiamo con successo prevede, per casistiche provenienti da scansioni intraorale e che coinvolgono 2 o più impianti, un provino di verifica in alluminio (Fig. 3, 4). Le scansioni intraorali, al contrario di quelle effettuate con scanner da laboratorio, sono in parte operatore-dipendenti. Dal momento che offriamo consulenza ad un'ampia platea di clinici e laboratori, abbiamo sviluppato protocolli operativi che anticipino le criticità:

- La verifica effettuata dal provino in metallo permette di validare scansioni provenienti da operatori con diversa esperienza e che utilizzano scanner differenti.
- Il provino estetico funzionalizzato permette di anticipare le fasi di micro-correzioni effettuate dal clinico e di validare l'estetica clinicamente.

Il provino in metallo (Fig. 3) viene realizzato tramite fresatore a 5 assi e disco in alluminio di altezza consona alla dimensione in Z del provino, solitamente 10mm. Il provino estetico viene realizzato tramite stampa 3D della struttura monolitica, incollata su interface IPD ProCam® (Fig. 5- 8) di AbutmentCompatibili.com, e già in questa fase viene inserito il foro vite angolato, se l'estetica

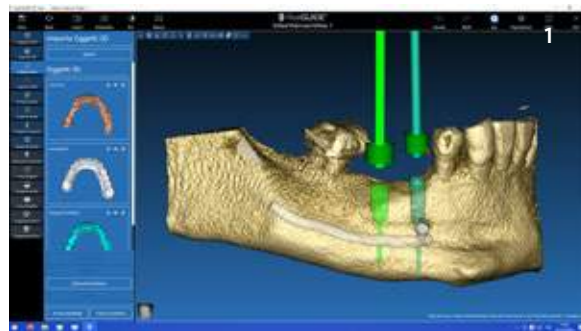


Fig. 1. Programmazione della chirurgia guidata.



Fig. 2. Scansione intraorale visualizzata a software.



Fig. 3. Provino in alluminio fresato dal pieno su modello gesso



Fig. 4. Provino in alluminio fresato dal pieno su impianti



Fig. 5. Modello stampato in 3D con analoghi da stampa e interface rotanti



Fig. 6. Provino stampato e incollato su interface IPD ProCam



Fig. 7. Provino stampato e incollato su interface IPD ProCam



Fig. 8. Immagine clinica

e la posizione dell'impianto lo necessita. Successivamente alle verifiche si procede con lo sviluppo di un nuovo modello tramite stampa 3D dei modelli di lavoro. Gli analoghi da stampa utilizzati (IPD ProCam®) prevedono la doppia vite di blocco, una assiale e una parasassiale: questo permette di mantenere l'affidabilità della scansione validata e impiegare un supporto stampato veritiero nel tempo. La ristampa del secondo modello è necessaria per evitare che l'invecchiamento del modello iniziale invalidi la corretta posizione degli impianti. Le resine iniziano quasi subito il loro decadimento e invecchiamento, e non riteniamo utilizzabile un modello che ha più di 2 settimane di vita, preferendo sempre stampare un modello nuovo. La tecnologia digitale ci permette di stampare infinite copie identiche tra loro. Contemporaneamente alla stampa del secondo modello 3D si procede alla modellazione, tramite software 3Shape, della struttura definitiva (Fig. 9, 10) sulla base delle convalide o modifiche funzionali ed estetiche apportate dal clinico sul provino.

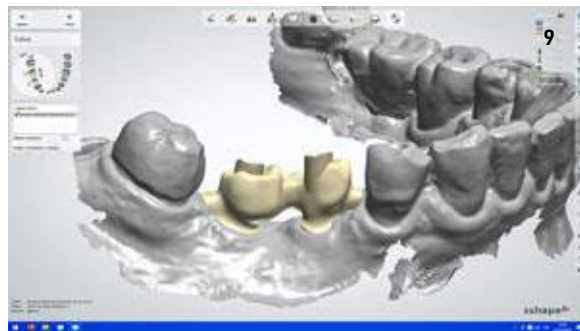


Fig. 9. Progettazione software del manufatto definitivo



Fig. 10. Progettazione software del manufatto definitivo con connessioni dirette

Il file esportato da 3Shape e importato su cam MillBox (CimSystem) (Fig. 11- 13) ha permesso al fresatore DentalMachine G5 di lavorare per sottrazione un disco di titanio grado 5; le frese utilizzate, specifiche per leghe di titanio erano le X-Power Pro (DentalMill. store). Tali frese sono toriche nelle fasi di sgrossatura, piatte per le connessioni e battute vite, tonde per le parti anatomiche, perforanti per i canali vite. È fondamentale per un corretto fresaggio e una ripetibilità della precisione delle connessioni utilizzare strategie specifiche per le leghe di titanio e frese sempre nuove: il titanio è un materiale permaloso, piccole differenze generano grandi difetti sul prodotto finale. La struttura (Fig. 14, 15) così scolpita in titanio medico grado 5 con connessioni dirette prive di antirotazionale, è stata ricoperta in composito e caratterizzata secondo le richieste presenti in prescrizione. La sequenza operativa e le precoci convalide di posizione impiantare hanno permesso di consegnare il manufatto per il posizionamento definitivo venuto con una coppia di viti con trattamento TiN-Coated e un serraggio a 30N/Cm tramite cricchetto dinamometro (Fig. 16) (ABC/DI-00-90 Abutmentcompatibili.com). I follow-up radiografici successivi al posizionamento definitivo hanno mostrato un'ottima stabilità della struttura ossea peri-impiantare e dei tessuti (Fig. 17,18).

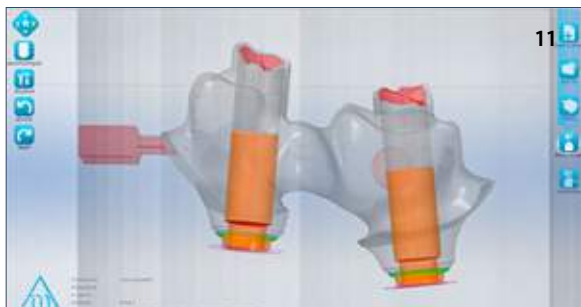


Fig. 11. Importazione su software CAM del file .STL



Fig. 12. Gestione delle fasi CAM

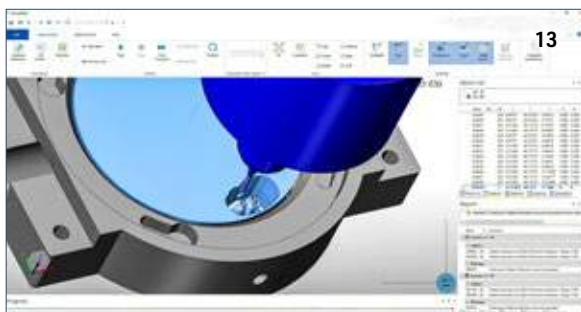


Fig. 13. Simulazione della fresatura



Fig. 14. Struttura in titanio fresata



Fig. 15. Struttura in titanio validata su modello gesso



Fig. 16. Struttura in titanio ricoperta in composito



Fig. 17. Posizionamento su impianti e serraggio delle viti



Fig. 18. RX di controllo

In conclusione, la scelta corretta dei materiali (il titanio), dei macchinari (DentalMachine G5 e stampanti DWS) e delle soluzioni protesiche (IPD ProCam di AbutmentCompatibili.com) è fondamentale, poiché rappresenta l'impalcatura tecnologica sulla quale costruire il successo clinico. L'esperienza e la conoscenza sono le mappe che permettono alla nostra azienda (Digilab) di soddisfare con sicurezza e predicibilità le diverse richieste dei clinici. Il nostro settore, il dentale, è una fusione di artigianalità ed eccellenza tecnologica, interdipendenti l'una dall'altra. La tecnologia senza l'esperienza sarebbe cieca, l'esperienza senza la tecnologia sarebbe zoppa.

MATERIALI UTILIZZATI

Impianti

Zimmer ScrewVent TSV

Software Pianificazione chirurgica

Real Guide 3DImme

Scanbody

IPD ProCam ScanBody

- AbutmentCompatibili.com

Ref ABC/ FA-SN-01

Scanner Intraorale

Carestream 3600

Ti-Base provini

IPD ProCam Interface 3D

- AbutmentCompatibili.com

Ref ABC/ FA-IN-01

Librerie connessioni

IPD ProCam Direct to Implant

- AbutmentCompatibili.com

Software Modellazione

3Shape

Fresatrice

DentalMachine G5 DentalMachine

Software CAM

MillBox - CimSystem

Frese

X-Power Pro, DreamDrill

DentalMill.store

Titanio

Scheftner Ti5

Composito

Shofu

Stampante 3D

DW20D - DWS

Resina Provini

RD Eco2

Resina Modelli

RD097

Resina Dima chirurgica

DS 3000

Analoghi da stampa 3D

IPD ProCam Analog3D

- AbutmentCompatibili.com

Ref ABC/ FA-AN-00

OPERATORI

Chirurgo/Protesista

Dr Carlo Cosma

Tecnico Modellazione 3D

Alessio Marsili

Tecnico Cam

Alessio Marsili

Tecnico Estetica Composito

Flavio Lico

Supervisore produzione

Alessio Marsili

DIGITAL@ - IPD ProCam®

Librerie implantari dirette liberamente fresabili da tutti



Quello che indichiamo come IPD ProCam® per gli utilizzatori è una grandissima risorsa. IPD ProCam® è libreria completa, basi da incollaggio, analoghi da modelli stampati, e abutments di scansione ad altissima precisione (per scanner intraorale, da laboratorio o tastatore meccanico). La caratteristica maggiormente apprezzata di IPD ProCam® è che vengono rilasciate, associate agli scanbodies, anche tutte le librerie delle connessioni impiantari, liberamente fresabili da qualsiasi odontotecnico, medico o centro di fresaggio adeguatamente attrezzato. Rendere le connessioni liberamente fruibili da chiunque, e gratuite, è una spinta verso un'indipendenza commerciale e una libertà produttiva fondamentale per un possessore di un centro di lavoro a 4 o 5 assi. La possibilità di richiamare canali vite dritti o inclinati apre all'estetica dei manufatti avvitati direttamente su impianti o componenti multi unità. Angoli fino a 30° permettono di risolvere

con soddisfazione la quasi totalità dei casi di protesi avvitata, con un contenimento dei costi e uno standard di precisione elevatissimo. La libreria IPD ProCam® può richiamare anche tutta una linea di basi da incollaggio per zirconia, queste, sviluppate con svariati profili transmucosi e con steli da incollaggio generosi, fino ad 8 mm di altezza, e che permettono la protesizzazione con fori vite dritti e angolati fino a 30°. Il trattamento al TiN di colore oro permette un mimetismo cromatico fondamentale nella casistica più estetica. Gli analoghi da stampa 3D con doppia vite di blocco, orizzontale e verticale, permettono un sicuro e preciso posizionamento all'interno dei modelli stampati. IPD ProCam® unisce la precisione costruttiva con l'innovazione digitale ad un costo equo e vantaggioso per il clinico e per l'odontotecnico. Precisione, innovazione, sicurezza per il paziente, equità dei costi, sono i fondamentali di AbutmentCompatibili.com (Fig. 1).



Nuovi Kit chirurgia guidata

Richiedi informazione a Dental Pr Adin V. Carpineto,9 Baronissi e-mail Info@dentalpradin.com tel.089954103

Fresare il **titanio**

DentalTech intervista Francesco Biaggini, CEO di AbutmentCompatibili.com, uno dei massimi esperti di Digital Dentistry in Italia.

Buongiorno Francesco, questa è la tua seconda intervista su Infodent nel giro di pochi mesi, sei emozionato come la prima volta?

Certo che sì, non mi abituerò mai ad essere al centro delle attenzioni di una rivista importante come Infodent. Devo ringraziare soprattutto il Dr. Francesco Mangano, è lui che mi coinvolge spesso in queste iniziative, ne sono sempre lusingato.

La volta scorsa abbiamo parlato del flusso digitale, oggi della fresatura del titanio, ritieni che questi due argomenti possano convivere in un laboratorio odontotecnico o debbano essere due specializzazioni separate?

Il fresaggio del titanio, come quello del CoCr è un livello di specializzazione estremamente elevato, i software CAM come Hyperdent o MillBox sono programmi complessi, resi semplici da dei team di sviluppatori esperti; tuttavia, serve avere una base di conoscenza importante. Spesso sento parlare di connessioni fresate in laboratorio, a volte però non si riesce a percepire una reale coscienza della complessità dell'argomento, né una formazione adeguata. Intendiamoci, ci sono tantissimi odontotecnici molto abili a fresare ma ci sono tantissime fresatrici consegnate senza una adeguata formazione da parte dei rivenditori.

Quindi ritieni ci siano delle lacune nella formazione che le aziende offrono alla consegna delle fresatrici compatte da laboratorio?

Ritengo che sia molto difficile trasferire tutte informazioni necessarie in una o due giornate di formazione, soprattutto quando l'interlocutore è un odontotecnico alle prime esperienze di fresaggio. La formazione e la voglia di crescere e investire su questa disciplina dovrebbe essere continua, non si smette mai di imparare, di aggiungere informazioni al proprio bagaglio di culturale.

Quali sono gli step che consiglieresti ad un odontotecnico che si avvicina per la prima volta al mondo della fresatura del metallo?

Sicuramente consiglieri di acquistare un CAM aperto, dove poter intervenire su strategie e frese, e di dividere la formazione in due, denti naturali e connessioni implantari; imparare a scegliere le frese nel modo giusto, a modificare una strategia sull'esigenza del caso che si deve lavorare, gestendo sempre librerie implantari professionali e aperte. Tolleranze, sovrametalli, finiture di superficie, tempi macchina, usura e frattura delle frese sono tutti problemi da gestire in fase CAM. Non possiamo sperare che sia sempre il fornitore a risolverci i problemi: se così fosse, non ci sarebbe più differenza tra il prodotto fresato da un utente esperto e uno alle prime armi. L'utente esperto deve poter imprimere al fresaggio la propria firma. Nel mondo della micromeccanica medicale riusciamo a capire se un componente è stato fresato in Italia o in Germania dai piccoli dettagli che differenziano le due diverse scuole. E spesso non troviamo differenza tra il fresato di due differenti laboratori che hanno la stessa macchina, le stesse frese, le stesse strategie. Ritengo che questa sia un'occasione mancata.

Perché classifichi IPD ProCam tra le librerie professionali?

Perché ti permette di settare in fase CAD una serie di parametri che saranno importantissimi nella successiva fase CAM, e perché rilasciamo tutte le connessioni implantari, liberamente fresabili da tutti. A prima vista possono sembrare complesse, ma se entri in sintonia con loro scopri che sono complete, non complesse.

Quale futuro vedi per i laboratori odontotecnici? Dovranno tutti fresare il metallo?

No, assolutamente. Sconsiglierei di buttarsi nel settore del fresaggio di metalli a tutti quelli che non hanno intenzione di investire su formazione continua. Comprare una fresatrice a 5 assi per metallo non è l'arrivo del viaggio ma la partenza, devi prevedere di dedicare una parte consistente del tuo tempo in formazione. In alternativa, conviene continuare ad appoggiarsi ai centri di fresaggio, in Italia abbiamo un'ottima offerta di servizi di fresatura con ottimi livelli qualitativi e di listini prezzi.

Quindi non ritieni che nei laboratori dovrà esserci obbligatoriamente un fresatore?

Non ho detto questo, dobbiamo dividere la fresatura del morbido come la zirconia o il PMMA e la fresatura del duro, CoCr e titanio, sono due livelli di costi macchina e di esperienza completamente differenti. Il primo sarà presente in tutti o quasi tutti i laboratori come avveniva con i parallelometri negli anni scorsi.

Ritieni che l'Italia sia pronta per gestire in laboratorio la fresatura del metallo ad alti livelli?

Sì assolutamente, dobbiamo solo smettere di pensare che il corretto fresaggio si possa gestire con un unico pulsante con scritto "start". Dobbiamo investire sul software CAM, sulla fresatrice selezionata e sulle frese, dobbiamo riporvi quella passione e quella fantasia tipicamente italiana che ci ha resi famosi nel mondo. Non siamo secondi a nessuno: dobbiamo solo mettercelo in testa e aver voglia di dominare la tecnologia, e non subirla passivamente.

Quale fresatrice a 5 assi per metallo consiglieresti e quale software CAM?

Esistono più modelli e marche di macchine che ritengo adeguate ad un laboratorio odontotecnico, senza fare nomi consiglio sempre di informarsi e provare, magari di fare un corso sulla fresatura prima di comprare una macchina nuova, capire se le informazioni commerciali che ci stanno dando sono corrette o solo slogan. Consiglio di andare a trovare qualche collega che usa la medesima macchina che ci interessa, e verificare se il servizio assistenza è adeguato o carente. Stessa cosa per il software CAM, con l'aggiunta di ponderare bene i CAM chiusi. Come già detto, per me un software CAM deve essere aperto.

Grazie Francesco per il tempo che ci hai dedicato, ritieni che dovremmo incontrarci per una terza volta con una nuova intervista?

Credo di sì, stiamo già lavorando ad un nuovo argomento digitale da approfondire, quello del digitale è un argomento appassionante che sempre più sta trasformando il settore.

SABATO 11 SETTEMBRE '21

2021

CONGRESSO INTERNAZIONALE

Nuovi Trend in odontoiatria: la Rivoluzione Digitale

Dr. Plinio Rondi

Presentazione della giornata formativa e dei relatori

Dr. Christian Monti

Saluto del Presidente DDS & MINEC Svizzera

Prof. Carlo Mangano

Saluto del Presidente DDS International

Dr. Massimo Ciocco, Odt. Damiano Frigerio

"Nove anni di flusso lavorativo digitale: una valutazione critica"

Dr. Laurent Sers

"The digital workflow supporting the biology in immediate loading implant treatment"

Odt. Uli Hauschild

"Estetica guidata: le nuove frontiere della tecnologia"

Prof. Tim Joda

"Modern Trends in Implant Dentistry: Individualization vs Standardization in the Digital Era"

Dr. Detlef Hildebrand

"Digital Solutions for optimized Implantations: 3D-Procedures for Immediate-Implantation and Immediate Restoration"

Prof. Francesco Mangano

"Digital Dentistry: la sfida dei numeri"

RELATORI



Dr. Plinio Rondi



Dr. Christian Monti



Prof. Carlo Mangano



Dr. Massimo Ciocco



Odt. Damiano Frigerio



Dr. Laurent Sers



Odt. Uli Hauschild



Prof. Tim Joda



Dr. Detlef Hildebrand



Prof. Francesco Mangano

Organizzato da:

Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft
Société Suisse d'Odontologie et Stomatologie
Società Svizzera di Odontologia e Stomatologia
Swiss Dental Association

SSO

Sezione Ticino



Digital
Dentistry
Society
Switzerland

In collaborazione con:



Swiss
Dental
Laboratories

Info e Registrazione:

Dr. Plinio Rondi
formazione@ssoticino.ch

Sede: Ticino (CH)