

Giorgio Lorenzon\*  
Cristina Bignardi\*\*  
Stefano Fanali

Università degli Studi di Chieti "G.D'Annunzio"  
Insegnamento di Odontostomatologia II: Titolare: prof. S. Fanali  
\*Professore a contratto  
Cattedra di Odontostomatologia  
\*\*Politecnico di Torino, Dipartimento di Meccanica  
Cattedra di Bioingegneria Industriale

## Insuccessi implantari da frattura. Il ruolo della fatica dei materiali

### PAROLE CHIAVE

*Insuccessi implantari.*

**Scopo del lavoro** In questo studio vengono analizzate le cause di fallimento di impianti bicomponenti e monoblocco.

**Materiali e metodi** Viene presentata una metodica per il recupero di elementi fratturati. A tal fine viene introdotto l'uso della sincristallizzatrice System Argon Control (SAC). Dopo aver descritto le varie metodiche viene presentata una casistica.

**Discussione e conclusioni** In conclusione si può affermare che l'uso della SAC permette, facilmente e in modo atraumatico, il recupero di impianti fratturati.

### INTRODUZIONE

Una evenienza che si verifica abbastanza frequentemente in caso di riabilitazione implantoprotesica è la frattura degli elementi impiegati. Occorre distinguere il comportamento delle strutture bifasiche costituite da fixture e abutment da quelle monobasiche a monoblocco. Perché la rottura avvenga, l'implanto deve essere integrato se non per tutta la lunghezza almeno per la sua metà. La stabilità da osteointegrazione associata all'aumento del braccio di leva portano a un peggioramento dello stato di fatica dei materiali. Nel caso degli impianti bifasici, il risultato che ne deriva è la frattura dell'abutment nel punto di inserzione nella fixture con la perdita del collegamento agli elementi protesici (fig. 1). L'implanto monofasico si frattura a livello della

## Implant failure due to fracture. The role of fatigue in materials

**Aim** *The causes of failures of one-piece and two-piece implants are analysed in this study.*

**Materials and methods** *A method to restore fractured fixtures will be presented. On this purpose, the use of the System Argon Control (SAC) syncrystallisation unit has been introduced. After describing the different methods, some cases will be reported.*

**Discussion and conclusion** *In conclusion, it can be stated that the use of SACs allows to restore fractured implants easily and atraumatically.*

### KEY WORDS

*Implant failure.*

### INTRODUCTION

*In case of implant-prosthetic restoration it often happens that the fixtures break. The different behaviours of two-stage structures, composed of fixture and abutment, and of single, one-stage structures should be distinguished. For an implant to fracture, it must be integrated at least for half its length or for the total length. The stability of osseointegration together with the increase of the lever arm bring to a deterioration of the material fatigue. With two-stage implants the result often is abutment fracture at the level where it joins the fixture and thus the loss of coupling between the prosthetic elements (fig. 1). A one-stage implant fractures in the intracortical area, which, as proved by biomechanical studies (Lorenzon and Bignardi, 2003), is the area where the highest stress concentrates.*

sezione di passaggio intracorticale. Come è stato dimostrato da studi di biomeccanica (Lorenzon e Bignardi, 2003) è proprio a quel livello che si concentrano le tensioni massime.

L'introduzione del collegamento mediante barre elettrosaldate con la sincristallizzatrice System Argon Control (SAC) ha permesso di ovviare a questa evenienza negativa sia nell'immediato sia nel periodo successivo. Infatti, è imperativo non eliminare la solidarizzazione per non ricadere nei fattori negativi che portano alla rottura.

### MATERIALI E METODI

Punto chiave della metodologia è l'uso della sincristallizzatrice SAC. Tale apparecchiatura è stata rivista totalmente nelle curve di emissione di potenza. Punto chiave è stata l'introduzione della protezione del punto di saldatura attuato mediante un flusso mirato di Argon controllato dal microprocessore interno. Tutto ciò in accordo con gli studi di Lorenzon.

Il recupero degli impianti bifasici si effettua (fig. 2, 3, 4, 5) tramite la seguente procedura.

- ▶ Eliminazione del residuo fratturato dell'abutment rimasto nel lume interno della fixture.
- ▶ Riduzione a becco di flauto del colletto per consentire un migliore affrontamento con la barra di 2 mm di diametro che viene introdotta a sostituzione del moncone emergente.
- ▶ Saldature circolari a 360° per completare il nuovo giunto.

Una variante della tecnica è data dall'uso di più barre di calibro 1,5 mm unite oltre che all'impianto anche apicalmente a costituire un moncone pronto per la preparazione protesica. Tale metodo è particolarmente valido per il recupero delle lame (fig. 6, 7, 8).

Occorre quindi definire la fatica dei materiali, vera responsabile delle fratture.

### INTRODUZIONE ALLA FATICA DEI MATERIALI

Si può intendere la fatica nei materiali come la risposta strutturale a sollecitazioni variabili e ripetute nel tempo. La normativa ASTM E206 fornisce

*The introduction of the conjunction using electro-welded bars with SAC gives the possibility to avoid this negative eventuality both in the short and in the long term. It is actually fundamental not to eliminate the solidarisation in order not to recreate the negative factors which bring to the fracture.*

### MATERIALS AND METHODS

*The key to the method is the use of the System Argon Control syncrystallisation unit. This equipment was completely revised as far as the power emission curves are concerned. The introduction of a new feature, the protection of the welding spot with a targeted Argon flow controlled by the internal microprocessor, is the keystone. And this was done following Lorenzon's studies.*

*Two-stage implants are recovered (fig. 2, 3, 4, 5) with the following procedure.*

- ▶ *Removal of the fractured residual of the abutment that remains in the internal diameter of the fixture.*
- ▶ *Reduction of the neck by scarf osteotomy to allow a better insertion of the 2 mm diameter bar that is used to replace the protruding stump.*
- ▶ *360° circular welding to complete the new joint.*

*A variance of this technique is the use of several 1.5 mm calibre bars that are linked to the implant but also apically to build a stump to be used for placing the prosthesis. This method is particularly suitable to recover blades (fig. 6, 7, 8). It is therefore necessary to define the material fatigue, which is the real responsible for the fractures.*

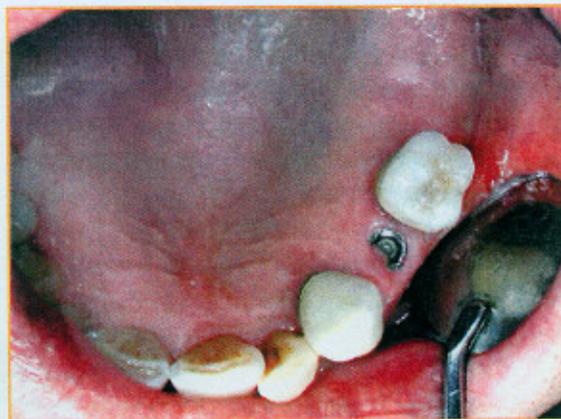
### INTRODUCTION TO THE MATERIAL FATIGUE

*Fatigue can be defined as the structural response to repeated or fluctuating stresses. ASTM E 206 gives a more precise definition: "fatigue is the process of progressive localized permanent structural change occurring in a material subjected to conditions that produce fluctuating stresses and strains at some point or points and that may culminate in cracks or complete fracture after a sufficient number of fluctuations".*

*The repeated application of a load on a given element can therefore break the element even if the load is lighter than what the element could bear in*



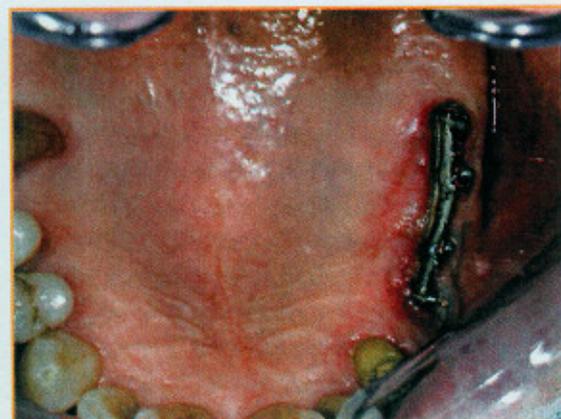
1



2



3



4



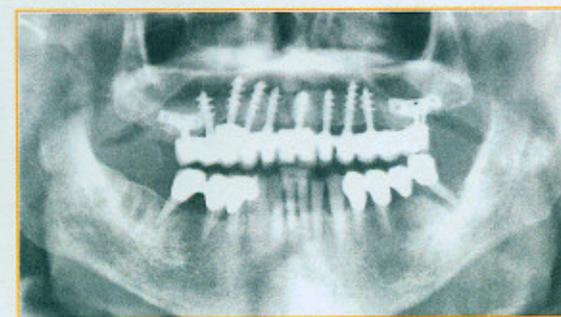
5



6



7



8

una definizione più precisa: «La fatica è un processo permanente progressivo e localizzato di cambiamento strutturale in un materiale soggetto a condizioni di tensione e deformazione variabili nel tempo, che può portare a rottura dopo un numero sufficiente di cicli».

L'applicazione ripetuta di un carico a un determinato elemento può quindi portare alla rottura dell'elemento stesso, anche se il carico in questione è minore di quello che l'elemento sopporterebbe in condizioni statiche. Si ha quindi che, a parità di forza applicata, un carico ciclico può essere più dannoso di uno costante.

### Natura della fatica

Qualitativamente la rottura per fatica comporta la formazione di una fessura (nucleazione), la sua crescita sotto i carichi ripetuti e la rottura finale. Le suddivisioni tra queste tre fasi, e in particolare il passaggio dalla prima alla seconda, non sono ben definite. La nucleazione consiste nella formazione di una o più fessure di livello macroscopico in zone particolarmente critiche soggette localmente a tensioni elevate, che comportano deformazioni plastiche localizzate anche se il componente è microscopicamente sollecitato in campo elastico. In generale la nucleazione avviene sulla superficie, in corrispondenza di un difetto (anche di tipo metallurgico quale l'inclusione), di variazioni nella geometria o di altre discontinuità che comportano una concentrazione delle tensioni. Nella fase successiva si ha l'avanzamento di un difetto con velocità crescente in una particolare direzione che non è legata all'orientamento dei piani cristallini, ma dipende dalla direzione della sollecitazione massima.

La rottura finale si verifica quando l'effettiva sezione resistente diviene insufficiente per sopportare il carico massimo (con conseguente rottura a strappo di tipo statico).

### Grandezze caratterizzanti il carico agente

Si può considerare il carico variante con legge sinusoidale, la tensione risulta quindi esprimibile attraverso la seguente funzione:

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_a \sin(\omega t)$$

dove:

$\sigma$  rappresenta la tensione risultante in un generico punto;

static conditions. Therefore, given the same strength, a cyclic load can be more dangerous than a constant one.

### Nature of the fatigue

*In terms of quality, the breakage caused by fatigue creates a crack (nucleation), its growth under repeated loads, and the final breakage. These three phases, and in particular the passage from the first to the second one, are not well defined.*

*The nucleation consists of one or more macroscopic cracks in particularly critical areas that locally undergo strong stresses, which cause localised plastic deformations even if the element is microscopically stressed in the elastic field. In general, nucleation occurs on the surface, in correspondence of a defect (even a metallurgical one such as inclusion), of a variation in geometry or other imperfections that cause a concentration of stresses. During the next phase, the defect grows increasingly in a particular direction that does not depend on the orientation of the crystalline planes but on the direction of the maximum stress. The final breakage occurs when the resistant section cannot bear the maximum load anymore (that brings to a static tearing break).*

### Quantities that characterise the applied load

*The varying load can be considered with a sinusoidal law, therefore the stress can be expressed with the following function:*

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_a \sin(\omega t)$$

where:

$\sigma$  is the stress in a generic point;

$\sigma_m$  is the average stress oscillation;

$\sigma_a$  is the oscillation amplitude.

Other important parameters are:

$\sigma_{max} = \sigma_a + \sigma_m$ : maximum value of stress;

$\sigma_{min} = \sigma_a - \sigma_m$ : minimum value of stress.

Stress ( $\sigma$ ) is a strength (load) that is distributed onto the area that undergoes that stress (fig. 9, 10).

### Study of performances under fatigue

*A material performance under fatigue is characterized by the Wöhler curve, which describes the performances of a specific material sample under a cyclic sinusoidal stress. Each graph is drawn according a specific  $\sigma_m$  value, but the most commonly used is the graph with  $\sigma_m = 0$  (average stress oscillation). The Wöhler curve compares the*

$\sigma_m$  rappresenta tensione media di oscillazione;  
 $\sigma_a$  rappresenta l'ampiezza di oscillazione.

Altri parametri importanti sono:

$\sigma_{max} = \sigma_a + \sigma_m$ : massimo valore raggiunto dalla tensione;

$\sigma_{min} = \sigma_a - \sigma_m$ : minimo valore raggiunto dalla tensione.

La tensione ( $\sigma$ ) è una forza (carico) divisa per l'area su cui la forza stessa agisce (fig. 9, 10).

### Studio del comportamento a fatica

Il comportamento a fatica si riassume tramite la curva di Wöhler, che descrive il comportamento di un provino di un determinato materiale sottoposto a una sollecitazione ciclica sinusoidale. Ogni diagramma è tracciato per un particolare valore di  $\sigma_m$ , ma in pratica quello più usato è quello con  $\sigma_m = 0$  (tensione media di oscillazione).

La curva di Wöhler mette in relazione la tensione massima che causa la rottura ( $\sigma_{max}$ ) con il numero totale di cicli di vita (fig. 11).

Analizzando la curva di Wöhler, si può vedere che diminuendo progressivamente il carico, il valore  $\sigma_a$  (ampiezza di oscillazione) decresce e aumenta il numero di cicli dopo di cui giunge la rottura. All'aumentare del numero di cicli, si nota come il valore  $\sigma_a$  tenda asintoticamente ad un valore costante ( $\sigma_A$ ), detto limite di fatica. Per valori di  $\sigma_a$  al di sotto di tale valore non vi è rottura per fatica, quindi il ciclo di carico può essere ripetuto un valore infinito di volte.

Il tratto della curva di Wöhler più interessante è

maximum stress which brings to failure ( $\sigma_{max}$ ) with the total number of fluctuations (fig. 11).

The analysis of the Wöhler curve shows that the  $\sigma_a$  (oscillation amplitude) value decreases and the number of fluctuations bringing to failure increases when progressively diminishing the load. By increasing the number of fluctuations, it can be seen that the  $\sigma_a$  value asymptotically verges on a constant value ( $\sigma_A$ ), called fatigue limit. There is no fatigue failure when  $\sigma_a$  values are under this limit, so the load cycle can be reproduced at infinitum. The most interesting values of the Wöhler curve are those which vary the most rapidly, e.g. those included between the yield point and the fatigue limit. These values can be analytically represented with the following expression, where  $C$  is a suitable constant:  $\sigma^d \cdot N = C$ . In order to widen the visibility of the area with high  $\sigma_a$  (oscillation amplitude) variation, it is preferable to use a logarithmic scale on the axis of abscissas; this way, the Wöhler curve is drawn as in the following graph. Three different phases are visible in the logarithmic graph:

- ▶ oligocyclic fatigue area (between 0 and 10<sup>3</sup> fluctuations);
- ▶ definite life area (between 10<sup>3</sup> and 10<sup>6</sup> fluctuations);
- ▶ indefinite life area (from 10<sup>6</sup> to infinite number of fluctuations).

The oligocyclic fatigue area is not very interesting because working in this area would mean working with very high stresses (between the maximum failure load and the yield point) for a low number of

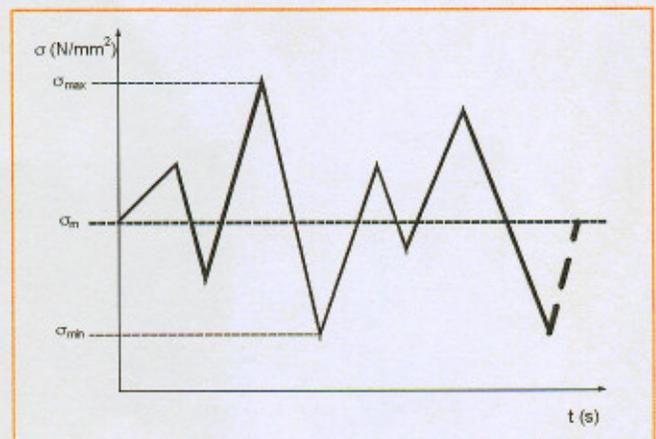
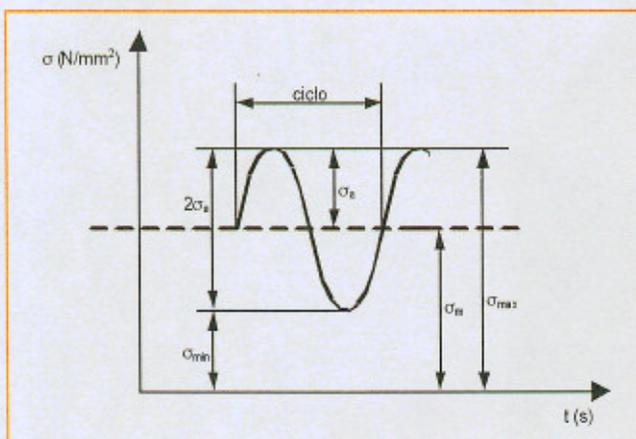


Fig. 9: Andamento della tensione in funzione del tempo. Fig. 10: Andamento reale.

Fig. 9: tension trend during function over time. Fig. 10: real trend.

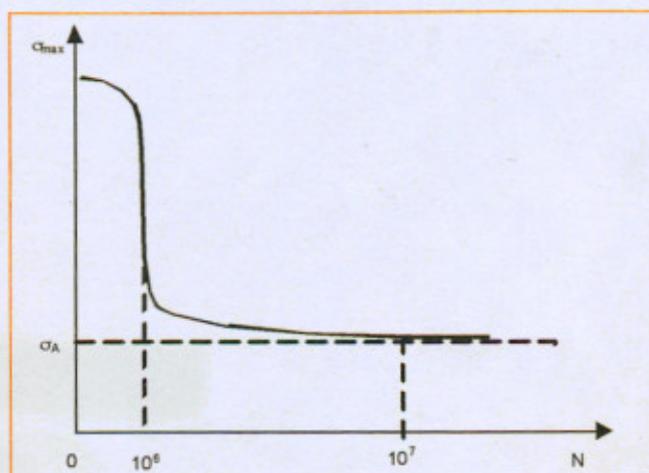
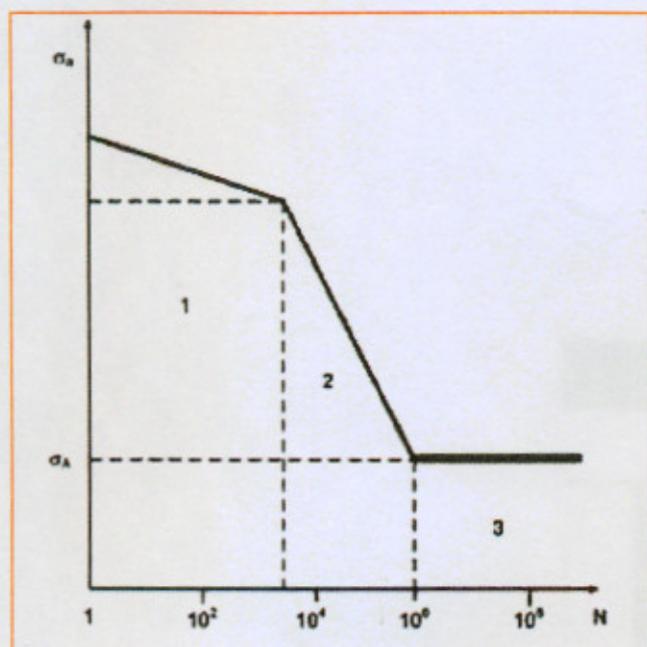


Fig. 11: La curva di Wöhler. Fig. 12.  
Fig. 11: Wöhler curve. Fig. 12.

quello che varia più rapidamente, cioè quello compreso pressappoco tra il carico di snervamento ed il limite di fatica.

Esso può essere rappresentato analiticamente dalla seguente espressione, dove  $C$  è un'opportuna costante:  $\sigma^k \cdot N = C$ .

Al fine di ampliare la visibilità della zona a forte variazione di  $\sigma_a$  (ampiezza di oscillazione), si preferisce adottare in ascissa una scala logaritmica; in questo modo la curva di Wöhler assume la forma mostrata nella figura 12.

Nel diagramma logaritmico risultano visibili tre fasi distinte:

- ▶ zona a fatica oligociclica (compresa tra 0 e  $10^3$  cicli);
- ▶ zona a durata determinata (compresa tra  $10^3$  e  $10^6$  cicli);
- ▶ zona a durata indeterminata (da  $10^6$  fino a un numero infinito di cicli).

La zona oligociclica è di scarso interesse in quanto, lavorare in questa zona, significherebbe lavorare con carichi molto elevati (compresi tra quello massimo di rottura e quello di snervamento) e anche un numero molto limitato di cicli porterebbe a una deformazione plastica dell'elemento caricato. La zona a durata determinata possiede questo nome in quanto se si lavora in questa zona si può conoscere il numero di cicli di carico

fluctuations, which could bring to a plastic deformation of the stressed element. The definite life area is so called because it is possible to know the number of fluctuations that the element can undergo before failing when working in this area; it is possible even in the oligocyclic fatigue area, but stresses are usually too high. The indefinite life area is where it is possible to work with maximum sureness because in this area it is possible to work with relatively low stresses, which are under the limit failure value.

#### Effect of average stress on performances under fatigue

Average stress oscillation ( $\hat{\sigma}_m$ ) plays a fundamental role on performances under fatigue. Experiments shows that with the same oscillation amplitude ( $\hat{\sigma}_a$ ), average stresses in traction cause a decrease in the duration, whereas average stresses in compression cause an increase in the duration.

#### FACTORS INFLUENCING FATIGUE ENDURANCE OF A COMPONENT

##### Material

Table 1 compares  $\sigma_r$  (breakage load) with  $\sigma_a$  (fatigue limit) of common materials that are used in mechanic constructions.

che l'elemento sopporterà prima di rompersi; anche la zona a fatica oligociclica permetterebbe ciò, ma i carichi risultano in genere troppo elevati. La zona a durata indeterminata è quella che offre maggiore sicurezza, in quanto permette di lavorare con tensioni relativamente basse, minori del valore limite di danneggiamento.

### Effetto della tensione media sul comportamento a fatica

La tensione media ( $\sigma_m$ ) gioca un ruolo fondamentale sul comportamento a fatica. Sperimentalmente si è osservato che, a parità di ampiezza di sollecitazione ( $\sigma_a$ ), le tensioni medie di trazione portano a una diminuzione della durata, mentre tensioni medie di compressione portano a un aumento della durata.

## FATTORI CHE INFLUENZANO LA RESISTENZA A FATICA DI UN COMPONENTE

### Materiale

La tabella 1 mette a confronto il  $\sigma_r$  (carico di rottura) ed il  $\sigma_A$  (limite di fatica) dei più comuni materiali impiegati nelle costruzioni meccaniche.

### Dimensioni

L'effetto delle dimensioni sulla resistenza a fatica è dovuto al fatto che ad una dimensione più grande corrisponde una maggiore superficie e quindi una maggiore probabilità di avere difetti in grado di innescare la rottura. La figura 13 descrive qualitativamente la dipendenza del limite di fatica dal diametro ( $d$ ) di una provetta sottoposta a carico di fatica. Dividendo il limite di fatica reale del materiale ottenuto in condizioni di prova standard ( $d = 10$  mm) per il coefficiente  $K_d$ , si ottiene il limite di fatica a una dimensione maggiore, a parità di altre condizioni:

$$\sigma_{A, reale} = \frac{\sigma_{A, materiale}}{K_d}$$

### Finitura superficiale

La rottura a fatica generalmente parte dalla superficie, si ha quindi che le condizioni superficiali del pezzo rivestono una notevole importanza nel comportamento a fatica di un componente. I microintagli lasciati dalla punta degli utensili utiliz-

### Dimensions

The effect of dimensions on the fatigue endurance is caused by the fact that bigger dimensions mean a wider surface and, therefore, a greater probability of imperfections that may cause a breakage. Figure 13 shows in terms of quality the relation between the fatigue limit and the diameter ( $d$ ) of a test-tube under a fatigue stress. Dividing the real fatigue limit of the material that is obtained during a standard test ( $d = 10$  mm) by the coefficient  $K_d$ , the result is the fatigue limit at a bigger dimension with other conditions:

$$\sigma_{A, real} = \frac{\sigma_{A, materiale}}{K_d}$$

### Surface finishing

The fatigue breakage in general originates on the surface, therefore the superficial conditions are extremely important to understand the reaction of a component under stress. The micro-notches left by the tools when working the component may cause breakage; the less rough the surface, the greater its resistance to fatigue. Figure 14 shows the reduction coefficient of the theoretical fatigue limit of a material ( $C_1$ ) in function of the breakage load ( $R$ ) for different levels of superficial finishing.

### Corrosive environment

A corrosive environment corrodes the surface of a component and increases its rugosity.

### Stress frequency

When using values up to 150 Hz, endurance to fatigue does not depend on the frequency of the stresses applied.

### Kind of stresses

Generally speaking, endurance decreases when applied stresses are flexural, traction-compression and torsional.

	$\sigma_R$ (N/MM <sup>2</sup> )	$\sigma_A$ (N/MM <sup>2</sup> )
Acciaio/Steel	360 - 1100	180 - 600
Alluminio/Aluminium	400 - 500	70 - 200
Titanio/Titanium	240 - 1200	120 - 900

Tabella 1  
Table 1

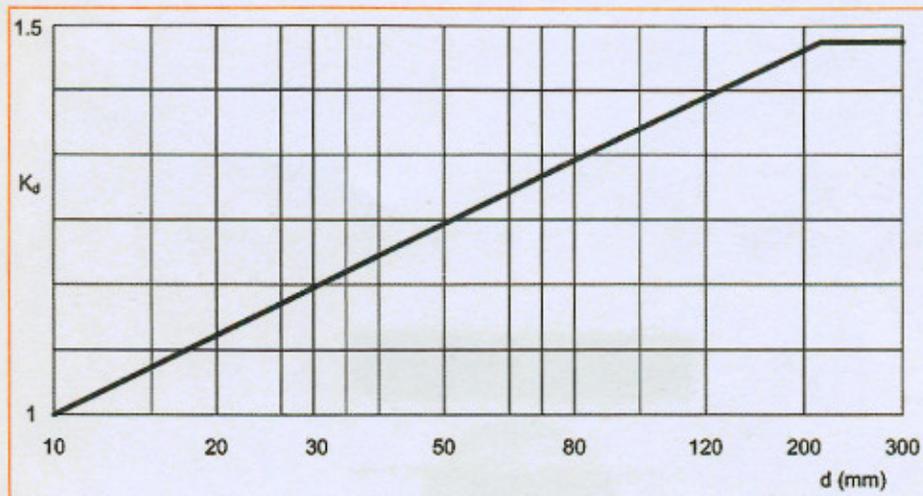


Fig. 13.  
Fig. 13.

zati per la lavorazione possono fungere da inneschi per la rottura; minore sarà la rugosità del componente, maggiore sarà la sua resistenza a fatica.

Nella figura 14 è riportato il coefficiente di riduzione del limite di fatica teorico del materiale (C1) in funzione del carico di rottura (R) per diversi gradi di finitura superficiale.

#### Ambiente corrosivo

Un ambiente corrosivo intacca la superficie del componente e ne provoca un aumento della rugosità.

#### Frequenza delle sollecitazioni

Per valori fino a 150 Hz, la resistenza a fatica è indipendente dalla frequenza di applicazione dei carichi.

#### Tipo di sollecitazione

In linea generale la resistenza diminuisce se le sollecitazioni applicate sono nell'ordine di tipo flessionale, di trazione-compressione, di torsione.

#### Storia dei carichi

Un componente che è stato soggetto in precedenza a sollecitazioni di tipo affaticante di valore diverso da quello attuale, presenta una resistenza che è funzione dell'entità dei carichi a cui è stato sottoposto. Qualitativamente se il componente ha

#### Stress history

The endurance of a component previously subjected to a fatiguing stress, with values which differs from the actual value, is a function of the stress entity applied. Qualitatively, if the component was subjected to stress fluctuations under the fatigue limit, the fatigue limit is raised. On the contrary, the limit is lowered if the applied stress was higher.

#### Temperature

Under high temperatures, static failure load diminishes and therefore fatigue endurance decreases.

#### Notch effect

Generally, all mechanical components (biomechanics) have different sections, cavities, holes, threading or other geometrical irregularities; these are causes of an intensification of local stresses, which is dangerous for fatigue endurance. This phenomenon is called notch effect. A stress concentration can be originated also by rugosity or by the presence of metallurgical defects or unhomogeneity (inclusions, porosity).

#### Presence of welds

The presence of a weld bead significantly compromises the fatigue endurance of a component under shifting and recurring stresses. The cause of this performance decay is to be searched among

subito in precedenza cicli di sollecitazione inferiori al limite di fatica, il valore di questo viene elevato; viceversa se le sollecitazioni sono state superiori.

### Temperatura

A temperature elevate diminuisce il carico statico di rottura e quindi la resistenza a fatica peggiora.

### Effetto di intaglio

In genere tutti i componenti meccanici (biomeccanica) presentano variazioni di sezione, cave, fori, filettature o altre irregolarità geometriche; queste comportano una intensificazione locale delle sollecitazioni che è molto dannosa per la resistenza a fatica. Tale fenomeno è chiamato effetto di intaglio. Una concentrazione delle tensioni può essere provocata anche dalla rugosità o dalla presenza di difetti e disomogeneità a livello metallurgico (inclusioni, porosità).

### Presenza di saldature

La presenza del cordone di saldatura pregiudica in maniera apprezzabile la resistenza a fatica di un componente sollecitato da carichi variabili e ripetuti nel tempo. La ragione di questo decadimento di prestazioni va ricercata nella combinazione di diversi fattori: l'effetto d'intaglio dovuto alla geometria del cordone, le alterazioni microstrutturali del materiale, la presenza di un campo di tensioni residue non trascurabile in prossimità del cordone di saldatura e, in generale, tutte le modificazioni introdotte dal ciclo termico di saldatura.

### DISCUSSIONE

È evidente che gli impianti bifasici per le loro modalità progettuali e costruttive sono i più esposti alla rottura. Questo, come detto, si verifica a livello della giunzione in cui coesistono strutture di calibro differente, ne consegue che sarà sempre quello più ridotto ad andare incontro alla rottura. L'uso della SAC ha praticamente eliminato il fenomeno nell'utilizzo di elementi monobasici, portando il complesso implantare a lavorare nel tratto rettilineo della curva di Whöler, ovvero quello che tende all'infinito.

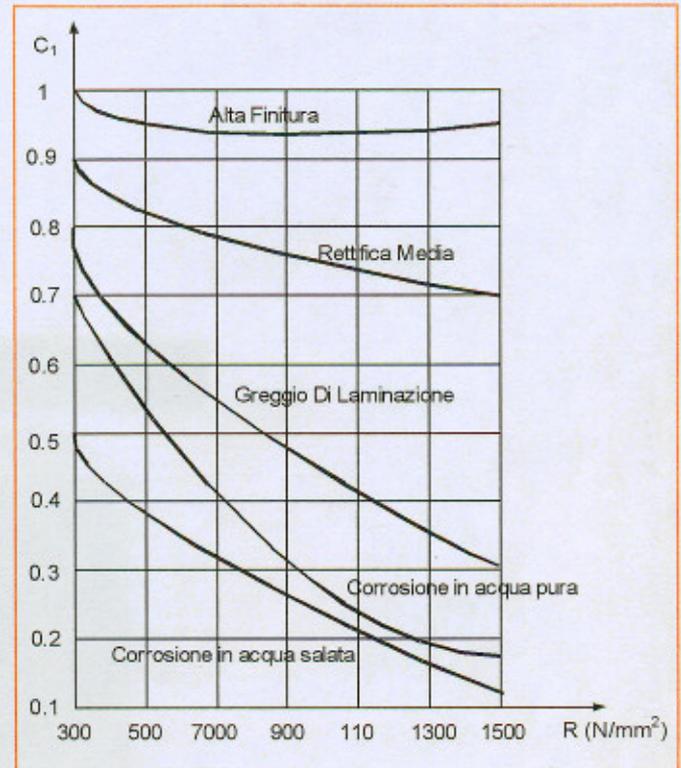


Fig. 14.  
Fig. 14.

*different factors: the notch effect caused by the weld bead geometry; microstructural alterations of the material; the presence of a non-negligible residual stress field near the weld bead; in general, any modification caused by the welding thermal cycle.*

### DISCUSSION

*It is clear that biphasic implants are more vulnerable to failure because of their design and production method. As stated before, a failure occurs when different calibre structures coexist in a joint; as a consequence, it is the smallest calibre that is more likely to break. The use of SAC practically eliminates this phenomenon when using monobasic elements, so that the implant can work in the rectilinear part of the Whöler curve, the part which tends to infinity.*

### CONCLUSION

*We can therefore affirm that the use of SAC gives the*

## CONCLUSIONI

Possiamo quindi affermare che l'introduzione della SAC ha permesso il recupero di impianti fratturati evitando tutto il processo di rimozione, rigenerazione ossea e reimpianti.

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo la Prof.ssa Bignardi titolare della cattedra di Biomeccanica Dipartimento di meccanica del Politecnico di Torino. Ringraziamo inoltre il Prof. Fanali, titolare della Cattedra di Odontostomatologia dell'Università di Chieti.

*possibility to recover fractured implants, thus avoiding the processes of removal, osseous regeneration and re-implantation.*

## ACKNOWLEDGMENTS

*We would like to thank professor Bignardi, regular professor of the Chair of Biomechanics at Politecnico di Torino, Department of Mechanics. We would like to thank also Professor Fanali, regular professor of the Chair of Dentistry at University of Chieti.*

## BIBLIOGRAFIA/REFERENCES

- 1) Camera A, Pasqualini ME, Tramonte SU. Istologia comparata dei tessuti della "zona del colletto" di un dente naturale e di tre viti di Tramonte. *Doctor OS* 2005;9(16):1-10 Supplemento.
- 2) Degidi M, Gehrke P, Spanel A, Piattelli A. Syncrystallization: a new technique for temporization of immediately loaded implants with metal-reinforced acrylic resin restorations.
- 3) Degidi M, Gehrke P, Piattelli A. Syncrystallization: a new technique for temporization of immediately loaded implants. 14th Annual Scientific Meeting European Association for Osseointegration; Munich (Germany); 2005.
- 4) Gehrke P, Degidi M, Spanel A, Dhom G, Piattelli A. Intra-oral welding of temporary implant abutments with a pre-fabricated titanium bar: A new technique for accelerated rigid splinting of immediately loaded implants.
- 5) Gehrke P, Spanel A, Degidi M, Piattelli A, Dhom G. FEM analysis on deformation and stress distribution in fixed metal-reinforced provisional restorations of immediately loaded XIVE® Implants in the edentulous mandible. 12th International Priadent Symposium; Salzburg (Austria); 2006.
- 6) Istituto Italiano della Saldatura. La saldatura per fusione.
- 7) Istituto Italiano della Saldatura. La saldatura: procedimenti tecnologici e basi scientifiche.
- 8) Lorenzon G, Bignardi C. Analisi biomeccanica dei sistemi implantari. *Dental Cadmos* 2003;71(10): 63-86.
- 9) Mondani P. La saldatrice elettrica intraorale di Pierluigi Mondani. *Odontostomatologia e Implantoprotesi* 1982;4.
- 10) Pasqualini ME, Bilucaglia L, Mirandola A, Bertelè G. Implantologia: dall'ipotesi al carico immediato. *European Journal Implant Prosthodontics* 2006;2(2):65-87.
- 11) Pasqualini ME, Mangini F, Colombo D, Manenti PA, Rossi F. Stabilizzazione di impianti emergenti a carico immediato. *Saldatrice Endorale. Dental Cadmos* 2001;9.
- 12) Pasqualini V, Manenti P, Pasqualini ME. Indagine istologica su ago emergente fratturato. *Implantologia Orale* 1999;2.
- 13) Rossi F, Pasqualini ME, Mangini F, Manenti P. Carico immediato di impianti monofasici mascellare superiore. *Dental Cadmos* 2005;73(4):65-69.
- 14) Tramonte SU, Camera A, Pasqualini ME. A review and critical analysis of a 32-year old histological study of tissues around the necks of Tramonte implants. *Jurnal Indian Society of Oral Implantologists* 2005; December 2(2).