

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA



**DIPARTIMENTO DI MEDICINA E CHIRURGIA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO IN
ODONTOIATRIA E PROTESI DENTARIA**

TESI DI LAUREA SPERIMENTALE

**Resistenza di componenti ortodontiche a disinfettanti,
sterilizzanti e collutori. Analisi sperimentali.**

**Laureanda
Nunzia Russomanno
Numero di
matricola: 318200**

**Relatore
Prof. Paolo Negri**

Anno accademico 2023/2024

INDICE

INTRODUZIONE.....	1
1. DISINFEZIONE E STERILIZZAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'APPARECCHIO ORTODONTICO FISSO.....	5
2. PRESIDI UTILIZZATI COME ADIUVANTI DELL'IGIENE ORALE NEI PAZIENTI ORTODONTICI.....	7
3. PARTE SPERIMENTALE.....	12
3A. MATERIALI.....	12
3B. METODI.....	21
4. RISULTATI.....	28
5. DISCUSSIONE.....	73
CONCLUSIONI.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	76

INTRODUZIONE

La parola “ortodonzia” significa letteralmente “dentatura dritta” e deriva dal greco. Essa è formata dall’unione di due parole: “*orthos*” (“dritto”) e “*odontos*” (“dente”). Negli ultimi anni si preferisce parlare di “ortognatodonzia”, termine derivante invece dall’unione di tre parole: “*orthos*” (“dritto”), “*gnathos*” (“mascella”) e “*odontos*” (“dente”). Questa denominazione più estesa indica i corretti rapporti sia tra gli elementi dentali, sia tra le strutture scheletriche, cioè la mandibola e la mascella [1]. Si può quindi affermare che l’ortodonzia è la branca dell’odontoiatria che si focalizza sulla crescita facciale, sullo sviluppo della dentizione e sulla prevenzione e correzione delle anomalie occlusali.

Il trattamento ortodontico ha come obiettivo quello di mirare a un equilibrio delle strutture che compongono il cavo orale, sia dal punto di vista funzionale che estetico; esso può essere effettuato con diverse tipologie di apparecchio ortodontico a seconda del caso in esame. Distinguiamo, dunque:

- Gli **apparecchi rimovibili** (Fig. 1), come suggerisce il nome, possono essere rimossi dal cavo orale dal paziente stesso. Essi consentono movimenti d’inclinazione dei singoli elementi dentali, movimenti di gruppi dentali, eruzione differenziale dei denti con l’ausilio di rialzi occlusali; inoltre, sono anche utilizzati come contenzione in seguito al trattamento con l’apparecchio fisso.
- Gli **apparecchi funzionali** (Fig. 2) hanno come obiettivo la correzione della malocclusione tramite l’utilizzo, l’eliminazione o la guida di forze muscolari, di eruzione dentale e di crescita.
- Gli **apparecchi fissi** (Fig. 3) aderiscono agli elementi dentali e consentono il controllo tridimensionale del movimento dentale. Essi permettono di inclinare, ruotare, intrudere, estrarre e spostare i denti in modo corporeo. Gli apparecchi fissi sono costituiti da:
 - **attacchi o *brackets***, che sono adesi allo smalto tramite compositi e possono essere metallici o ceramici;

- **archi o fili**, che possono essere di tipo flessibile, realizzati in nickel-titanio e di solito utilizzati nelle fasi iniziali del trattamento, o di tipo rigido, realizzati in acciaio e utilizzati nelle fasi finali del trattamento ortodontico;
- **legature elastiche e legature metalliche**, che hanno lo scopo di legare gli archi agli attacchi;
- **bande**, che sono usate in genere sui molari, su cui vengono tenute in posizione tramite cemento vetroionomerico, che riduce il rischio di demineralizzazione.



Figura 1: Apparecchio ortodontico rimovibile.



Figura 2: Apparecchio ortodontico funzionale.



Figura 3: Apparecchio ortodontico fisso.

Il nostro studio si focalizza sugli apparecchi ortodontici fissi. Essi, come tutti materiali di uso odontoiatrico, dovrebbero essere posti nel cavo orale senza apportare pericolose cariche microbiologiche e permanervi molto a lungo senza creare pericoli all'integrità dentale e mucosa. Quindi le singole componenti di un apparecchio fisso ortodontico andrebbero

sterilizzate o sottoposte, comunque, a trattamenti di disinfezione spinta prima dell'uso. Questo perché esse non vengono di solito offerte dai Produttori in condizioni di sterilità come si può notare dalla foto da noi scattata al SEM e riportata in Figura 4, dove è possibile apprezzare la presenza di una formazione micotica sulla superficie di un arco ortodontico appena estratto dalla confezione del Produttore. Tali componenti poi verrebbero esposte, una volta inserite nel cavo orale, oltre che all'azione della saliva anche a continui cicli di igiene orale comprendenti l'uso di collutori a base di sostanze chimicamente attive (quali la Clorexidina e il Fluoro).

Lo scopo della presente tesi è stato quello di chiarire se alcuni tra gli sterilizzanti/disinfettanti e i collutori ai quali abbiamo accennato (e che descriveremo in maniera più completa in seguito) possano generare *in vitro* danni ai materiali delle componenti degli apparecchi ortodontici fissi o possano, invece, essere usati in assoluta sicurezza. In particolare, i componenti che sono stati presi in esame sono:

- arco in Ni-Ti (nichel-titanio);
- *brackets* (in acciaio);
- legature metalliche (in acciaio);
- legature elastiche (in polimero).

Per analizzare e individuare le possibili alterazioni, i suddetti componenti sono stati esposti all'azione delle sostanze chimiche e quindi osservati alla microscopia ottica e al **SEM (microscopio elettronico a scansione)** (Fig. 5).

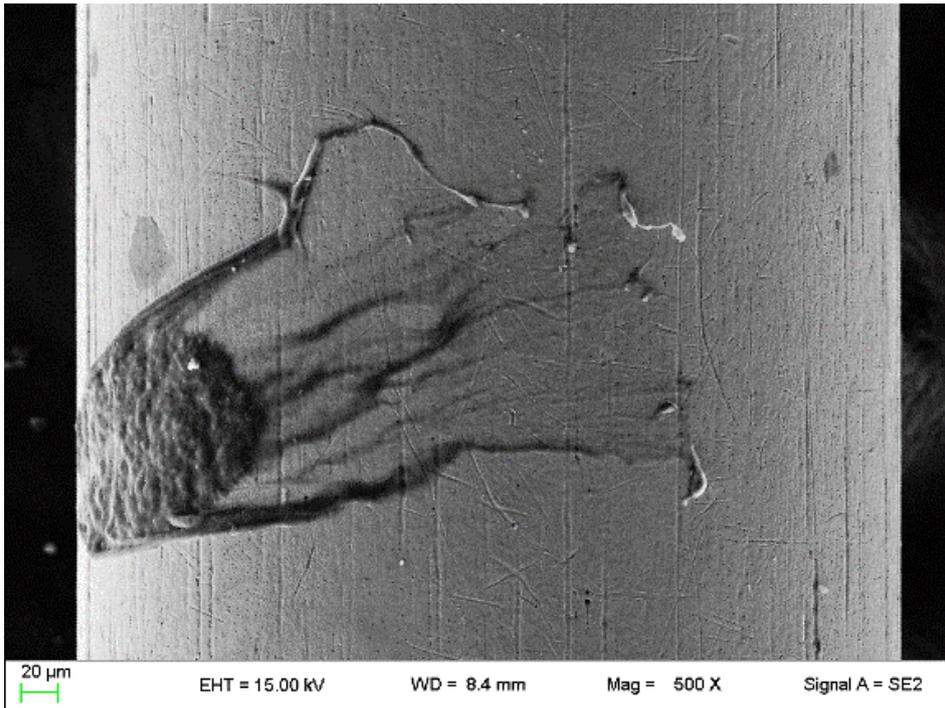


Figura 4: formazione micotica su di un arco ortodontico appena estratto dalla confezione del Produttore, 500 X, SE.

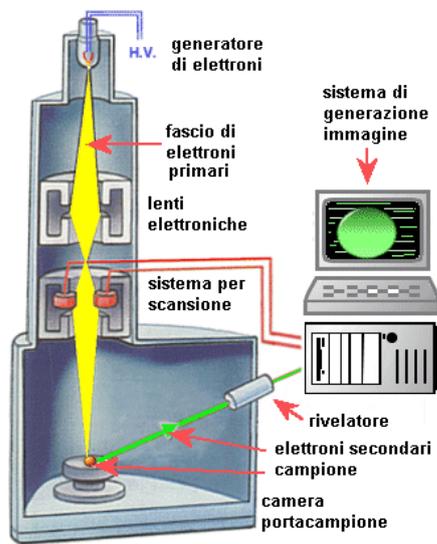


Figura 5: schema SEM.

1. DISINFEZIONE E STERILIZZAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'APPARECCHIO ORTODONTICO FISSO

Evitare la trasmissione di malattie infettive è particolarmente importante sia per l'operatore sanitario che per i pazienti. Ciò è cruciale nel campo odontoiatrico dato che il cavo orale è un ambiente ricco di microrganismi; infatti, in esso sono riscontrabili dalle quattrocento alle settecento diverse tipologie di batteri [2]. Secondo uno studio [3] gli ortodontisti sono al secondo posto tra gli specialisti del campo odontoiatrico con la più alta incidenza di epatite B e il rischio di contagio per tali professionisti sul posto di lavoro è dato dalla possibilità di pungersi con strumenti ortodontici appuntiti e potenzialmente contaminati, oltre a quello dato dalla inalazione di aerosol e contatto con superfici contaminate [4]. Per quanto riguarda il rischio dei pazienti di andare incontro allo sviluppo di patologie infettive, come già detto in precedenza, gioca un ruolo cruciale proprio l'apparecchio fisso, il quale determina cambiamenti a livello del biofilm orale e inoltre tali modifiche aumentano il rischio di infezioni crociate [2].

In un contributo [5] è riportato che l'applicazione nel cavo orale delle componenti dell'apparecchio ortodontico estratte dalla confezione senza prima essere disinfettate potrebbe favorire la comparsa di infezioni. Infatti, da alcuni lavori [6] [7] è emerso che esse non sono sterili quando vengono estratte dalle confezioni: la specie che, a causa del contatto con la pelle durante la lavorazione e il confezionamento, più frequentemente è coinvolta nella contaminazione è lo *Staphylococcus* [8] [9] [10], seguita da *Streptococcus*, *Bacillus cereus* e *Bacillus licheniformis* [4] e *Klebsiella* [6]. Proprio per questo motivo, sarebbe opportuno disinfettare o sterilizzare tali materiali prima del loro utilizzo [11] [12], una pratica questa che, ad oggi, non è ancora del tutto diffusa.

Esiste, com'è ben noto, una differenza tra il processo di disinfezione e quello di sterilizzazione:

- La **disinfezione** comporta la distruzione selettiva di microrganismi patogeni su di un substrato o in un ambiente. L'azione del disinfettante deve essere proporzionata alla resistenza del microrganismo su cui deve agire e deve tenere conto delle condizioni ambientali. I disinfettanti vengono classificati in: agenti fisici (ad esempio il calore), agenti chimici e agenti meccanici (come i filtri).
- La **sterilizzazione** è l'unico processo che comporta la distruzione di qualsiasi microrganismo su di un substrato ed è data dall'utilizzo di calore, radiazioni o agenti chimici sterilizzanti.

Per quanto riguarda i metodi atti a ridurre il rischio di contagio, la disinfezione/sterilizzazione chimica, nel caso delle componenti dell'apparecchio ortodontico fisso, è da preferire ovviamente alla sterilizzazione a caldo. Questo perché il processo di sterilizzazione in autoclave potrebbe determinare danni strutturali a tali materiali; basti pensare alle legature elastiche, ma anche alla lega Ni-Ti. Infatti, è stato dimostrato che, anche se alterazioni di superficie più evidenti si ottengono in seguito a cicli ripetuti in autoclave, già dopo un primo ciclo è possibile individuare danni superficiali [13] che potrebbero inficiare la resa della componente sterilizzata.

Le sostanze più spesso utilizzate nelle procedure di disinfezione spinta e di sterilizzazione chimica secondo la letteratura [14] [15] sono la glutaraldeide, il perossido d'idrogeno, l'alcool e la clorexidina; tra queste la più valida sembra essere la clorexidina per la sua azione ad ampio spettro contro batteri sia Gram-positivi che Gram-negativi [16].

Nel nostro studio i presidi analizzati sono stati sia disinfettanti spinti (a base di clorexidina allo 0,5% in soluzione alcolica o a base di alcool etilico denaturato con acetone e alcool isopropilico), sia sterilizzanti (a base di perossidi solfati – sodio bromuro).

2. PRESIDI UTILIZZATI COME ADIUVANTI DELL'IGIENE ORALE NEI PAZIENTI ORTODONTICI

Vari studi hanno dimostrato che l'apparecchio fisso altera le condizioni fisico-chimiche della crescita batterica e causa cambi sia qualitativi che quantitativi delle colonie batteriche [17] [18] [19]. Inoltre, esso non solo favorisce l'accumulo e la ritenzione di cibo e detriti, ma protegge anche la placca dallo spazzolamento, dalla masticazione e dal flusso salivare. Tutto ciò, ovviamente predispone i pazienti al rischio di sviluppare con maggiore facilità patologie cariose e parodontali. Va inoltre ricordato che la maggior parte dei pazienti che si sottopongono al trattamento ortodontico sono bambini e adolescenti e anche questo fattore potrebbe influenzare negativamente il livello di igiene orale.

Per tale motivo, spesso ai pazienti ortodontici vengono prescritti collutori con specifici principi attivi, quali la clorexidina e il fluoro, che agiscono come adiuvanti delle comuni manovre di igiene orale.

2A. COLLUTORI A BASE DI CLOREXIDINA

La clorexidina è una sostanza di sintesi ad azione disinfettante che possiede un ampio spettro d'azione contro i batteri Gram-positivi e Gram-negativi ed è efficace anche contro alcuni virus e funghi [18].

Dal punto di vista chimico, essa è una biguanide cationica (Fig. 6) scarsamente solubile in acqua. Per questo motivo, essa deve essere associata a idonei ioni negativi che ne permettano la solubilizzazione in acqua. In campo medico-farmaceutico si utilizza soprattutto lo ione gluconato (anione dell'acido gluconico). Non a caso, nella maggioranza dei farmaci, la clorexidina si trova in forma di clorexidina digluconato (Fig. 7) [18].

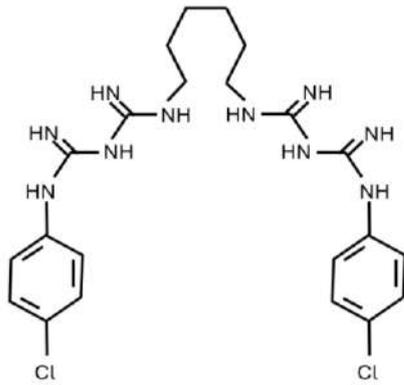


Figura 6: Molecola della clorexidina.

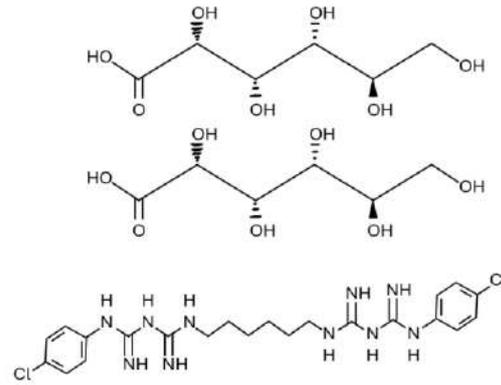


Figura 7: Molecola della clorexidina digluconato.

Il solo utilizzo di spazzolino, dentifricio e filo interdentale potrebbe non essere sufficiente a garantire una buona igiene orale causando così lo sviluppo di patologie parodontali. In questi casi, i collutori a base di clorexidina sono gli antisettici più utilizzati. L'uso della clorexidina per il controllo della placca e della gengivite risale al 1970 e a oggi è considerata il *gold standard* per il controllo chimico del biofilm [17].

È stato dimostrato che effettuare sciacqui con clorexidina garantisce una migliore igiene orale nei pazienti ortodontici con conseguente riduzione di ritenzione di biofilm, riduzione di sanguinamento gengivale, minor infiammazione e minor profondità di sondaggio parodontale [19].

2B. COLLUTORI A BASE DI FLUORO

È ben noto che, quale ulteriore conseguenza della difficoltà nell'assicurare un'adeguata igiene orale generata dall'apparecchio ortodontico fisso, i pazienti ortodontici sono più suscettibili allo sviluppo di processi cariosi. A tal proposito un utile adiuvante può essere rappresentato da un collutorio a base di fluoro.

Il fluoro (Fig. 8) è un metalloide del gruppo degli alogeni.

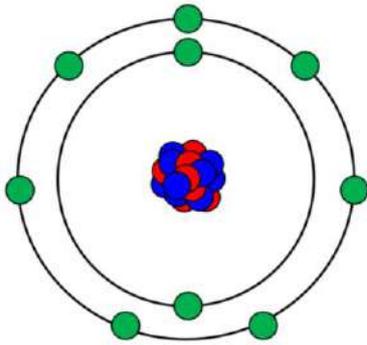


Figura 8: Diagramma che mostra la composizione nucleare e configurazione di elettroni di un atomo di fluoro-19 (numero atomico: 9), il più comune isotopo.

Dopo l'idrogeno è l'elemento più piccolo ma anche quello più elettronegativo e per tale caratteristica reagisce con quasi tutti gli altri elementi determinando la sottrazione di idrogeno a vari composti.

Particolarmente rilevante in campo odontoiatrico è la sua affinità per i fosfati di calcio; ciò gli permette di accumularsi in zone in fase di calcificazione, influenzando lo sviluppo dimensionale e qualitativo dei cristalli di apatite di ossa e denti. Per questo motivo è fondamentale garantire un adeguato apporto di fluoro attraverso la dieta e, se necessario, con un'integrazione. L'apporto giornaliero del fluoro con una dieta normale è in genere compreso tra 0,2 e 0,5 ppm [20].

L'assunzione di fluoro può avvenire attraverso fonti naturali e artificiali. La principale fonte naturale è rappresentata dall'acqua; elevate concentrazioni sono contenute nel tè, nel caffè, in alcuni tipi di birra e di vino; quantità minori sono riscontrabili nei pesci e negli ortaggi. Esso può essere presente anche nell'atmosfera sotto forma di polveri, vapori e gas nelle vicinanze di miniere di fluoruri, di giacimenti fosfatici superficiali o di complessi industriali che lavorano prodotti fluorati. I composti fluorati sono rintracciabili in molti farmaci (anestetici generali, antibiotici, antimicotici, antiosteoporotici, corticosteroidi, miorellassanti, opacizzanti radiologici e sostituti del sangue) e anche in tutti i prodotti per la profilassi della carie.

Per quanto riguarda l'**integrazione del fluoro**, essa può avvenire per via sistemica o topica. La prima ha effetto sugli elementi dentari in via di formazione, rappresentando dunque una metodica preventiva da attuare fino ai quindici anni di età, o perlomeno fino a sei-sette anni, quando si completa la mineralizzazione di tutti i denti a eccezione dei terzi molari (la cui formazione coronale si completa intorno ai quindici anni); la

somministrazione topica (che è la modalità di integrazione di fluoro su cui questo studio si è concentrato) può essere effettuata a qualsiasi età poiché la sua efficacia non dipende dalla mineralizzazione dei tessuti duri dentali, ma ha lo scopo di favorire i processi di remineralizzazione smaltica e di contrastare la crescita batterica e la produzione di acidi.

Alla luce di tutto ciò, durante il trattamento ortodontico, per contrastare l'insorgenza delle *white spot*, vengono utilizzati prodotti contenenti fluoro come adiuvanti [21]. Esso favorisce la formazione della **fluoroidrossiapatite** (Fig. 9) negli strati superficiali tramite scambio ionico: in particolare, il fluoro, carico negativamente, viene attratto dalla superficie dentale data la presenza di ioni carichi positivamente quali il fosforo e il calcio, i quali con gruppi ossidrilici formano l'idrossiapatite; il fluoro sostituisce gli ioni OH⁻ determinando appunto la formazione della fluoroapatite. Ciò contrasta la demineralizzazione dovuta al metabolismo dei carboidrati; inoltre, agisce sul biofilm orale condizionandone il metabolismo e riducendone l'attività proliferativa: interagendo con la membrana batterica, limita l'assorbimento di zuccheri e l'acidificazione della superficie smaltica, riduce la glicolisi anaerobica dei batteri, da cui deriva la formazione di acido lattico (principale responsabile della dissoluzione dei prismi smaltici). Per tutti questi motivi, il fluoro svolge un ruolo attivo nei processi di remineralizzazione di piccole erosioni iniziali, prodromi di una lesione cariosa.

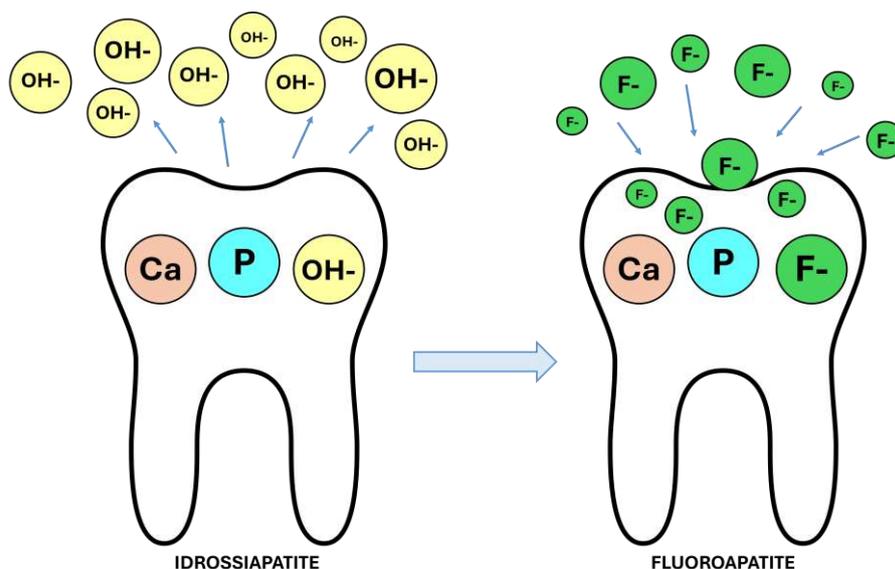


Figura 9: formazione della fluoroidrossiapatite.

La fluoroprofilassi può essere attuata mediante l'utilizzo di diversi presidi quali dentifrici (Fig. 10), collutori (Fig. 11), gel (Fig. 12) e vernici (Fig. 13). Il contenuto medio di fluoro in tali formulazioni è riportato nella Tabella 1.

Nel presente studio è stato preso in considerazione come presidio per la fluoroprofilassi un collutorio con una concentrazione di fluoro di 1.500 ppm.

Tabella 1: concentrazioni di fluoro nei vari presidi utilizzati nei protocolli di fluoroprofilassi.

PRESIDIO	CONCENTRAZIONE DI FLUORO
Dentifricio	Da 500 a 1.450 ppm
Collutorio	Da 100 a 1.500 ppm
Gel	Da 500 a 20.000 ppm
Vernice	Da 7.000 a 22.600 ppm



Figura 10: dentifricio al fluoro.



Figura 11: collutorio al fluoro.



Figura 12: gel al fluoro.



Figura 13: vernice al fluoro.

3. PARTE SPERIMENTALE

3A. MATERIALI

Componenti dell'apparecchio fisso analizzati

I componenti dell'apparecchi fisso che abbiamo analizzato in questo studio sono:

- Attacchi Roth 0.022'' Mini;
- Arco in Ni-Ti .018;
- Legature metalliche preformate chiuse 010'';
- Legature elastiche.

Attacchi ortodontici

Gli attacchi rappresentano la componente principale dell'apparecchio ortodontico fisso. Essi sono costituiti da diverse parti:

- **base** (Fig. 14), che è a contatto con l'elemento dentario ed ha una morfologia ritentiva per favorire l'inserimento del composito e la conseguente tenuta;
- **corpo** (Fig. 15), in cui ritroviamo lo *slot*, cioè la scanalatura a sezione rettangolare per l'inserimento degli archi, e le **alette**, che servono a bloccare le legature necessarie ad assicurare l'arco al *bracket*.

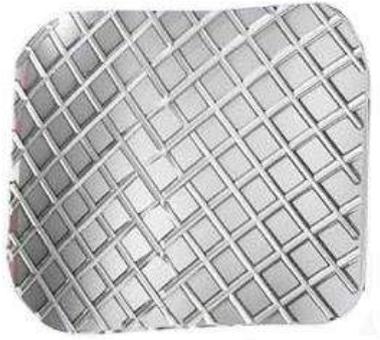


Figura 14: base dell'attacco
(https://www.imdmedical.com/#/Orthodontic_particulars).



Figura 15: corpo dell'attacco
(https://www.imdmedical.com/#/Orthodontic_particulars).

Gli attacchi che abbiamo utilizzato per la nostra sperimentazione sono realizzati dall'azienda IMD medical. Nell'acciaio della lega sono contenuti ferro, nichel e cromo (Figg.: 16, 17, 18).

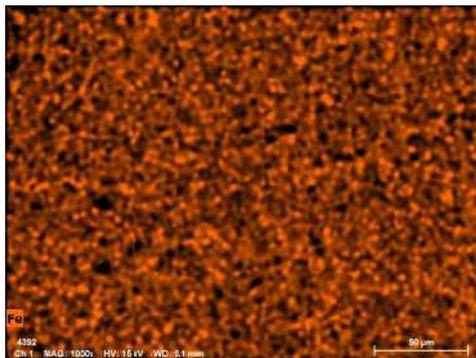


Figura 16: microanalisi al SEM – ferro.

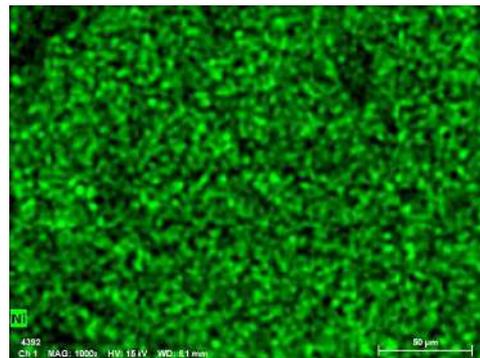


Figura 17: microanalisi al SEM – nichel.

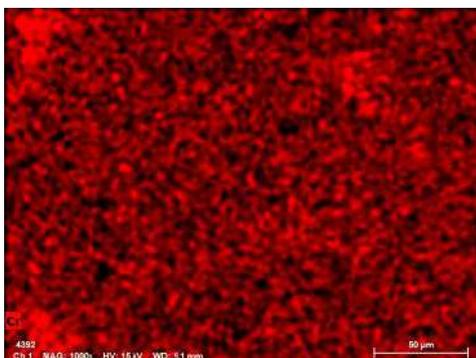


Figura 18: microanalisi al SEM – cromo.

Arco ortodontico

Gli archi hanno lo scopo di generare delle forze leggere e continue, necessarie a ottenere lo spostamento degli elementi dentari. Non può essere utilizzata un'unica tipologia di filo per tutta la durata del trattamento ortodontico, ma esistono varianti differenti, ognuna delle quali è più adatta a specifiche situazioni. In particolare, gli archi possono essere realizzati in differenti tipologie di leghe: acciaio inossidabile, cromo-cobalto, nichel-titanio e beta-titanio [20].

Come precedentemente accennato, gli archi da noi presi in considerazione sono realizzati in Ni-Ti (Fig. 19).

Il Ni-Ti, come altre leghe metalliche, può esistere in più di una struttura cristallina:

- la forma **martensitica**, che resiste a temperature più basse;
- la forma **austenitica**, che resiste a temperature più elevate.

Per quasi tutti gli altri metalli il passaggio da una fase all'altra avviene a una temperatura di transizione di centinaia di gradi, mentre nelle leghe al Ni-Ti tale temperatura è molto più bassa.

Questa lega presenta tre caratteristiche fondamentali:

- la **memoria di forma**, scoperta casualmente nel 1962 da Buehler presso il Naval Ordnance Laboratory (NOL) della US Navy a White Oak in Maryland [20]. Essa è la capacità del Ni-Ti di ricordare la forma originaria dopo aver subito deformazioni plastiche in fase martensitica [20];
- la **superelasticità** (o **pseudoelasticità**), che rende questi fili molto elastici, e quindi capaci di ritornare alla forma originale anche dopo grandi deformazioni. Questo è dato dalla formazione di martensite indotta da stress, che si ha quando viene applicata una forza al campione austenitico; tale carico determina una deformazione oltre la soglia elastica (1-2%) generando una fase simile a una deformazione plastica. Rimuovendo la forza, la martensite subisce prima un ritorno elastico e poi un ritorno nel campo elastico austenitico con l'azzeramento della deformazione [20].

- Un'altra caratteristica delle leghe Ni-Ti è la **termoelasticità**. Essa si ha quando viene data una certa forma mentre la lega è a una temperatura al di sopra della temperatura di transizione martensite-austenite. Quando poi la lega viene raffreddata al di sotto di tale temperatura, può essere deformata plasticamente, ma se riscaldata nuovamente ritorna alla sua forma originale [20].

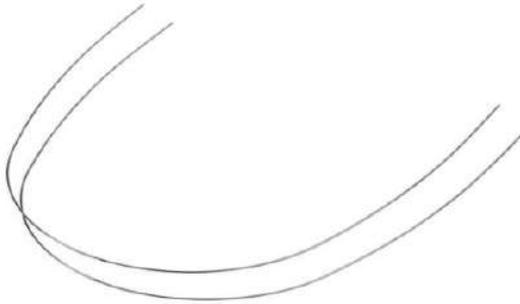


Figura 19: arco in Ni-Ti (<https://www.nxtbook.com/henryscheinorthodontics/Brochure/2021-henry-schein-orthodontics-catalog/index.php#/p/156>).

Gli archi utilizzati nella nostra sperimentazione sono realizzati dall'azienda Henry Schein Orthodontics. Nella lega sono contenuti: nichel e titanio (Figg.: 20, 21).

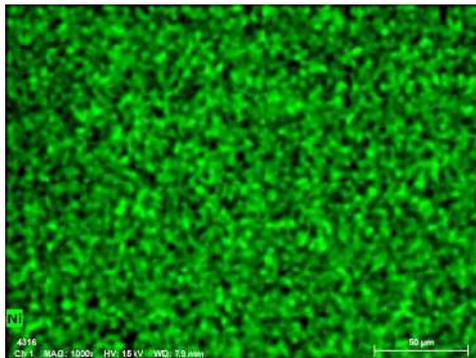


Figura 20: microanalisi al SEM – nichel.

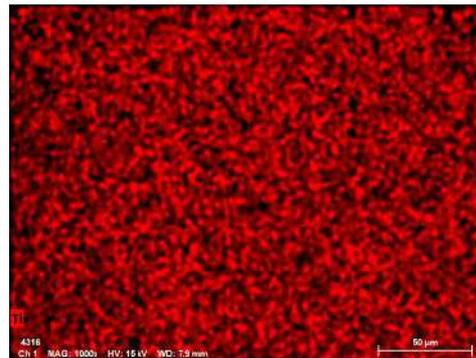


Figura 21: microanalisi al SEM - titanio.

Legature metalliche

Le legature metalliche (Fig. 22) hanno lo scopo di tenere l'arco ancorato ai *brackets*.

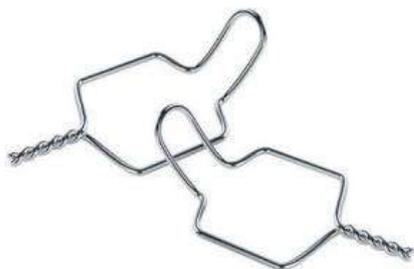


Figura 22: legatura metallica - colombella preformata (https://www.leone.it/servizi/download/Cat_Ortodonzia.pdf).

Quelle da noi selezionate per lo studio sono le colombelle preformate realizzate dall'azienda Leone. Nella lega sono contenuti: ferro, cromo, nichel e tracce di molibdeno (Figg.: 23, 24, 25, 26).

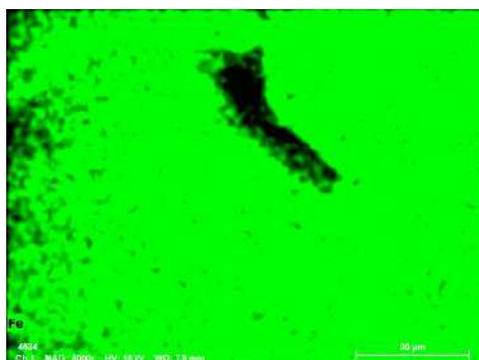


Figura 23: microanalisi al SEM - ferro.

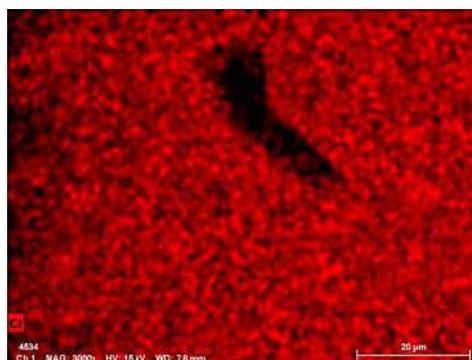


Figura 24: microanalisi al SEM - cromo.

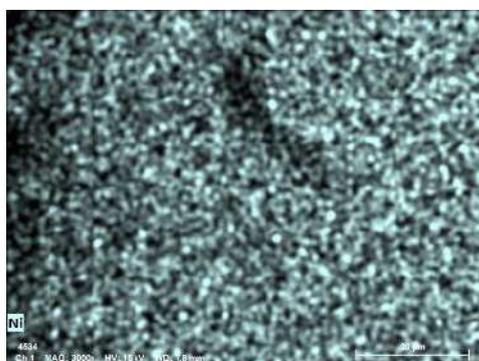


Figura 25: microanalisi al SEM - nichel.

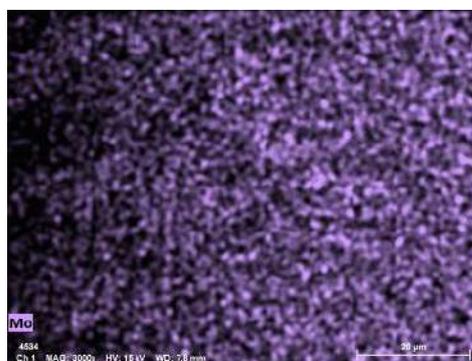


Figura 26: microanalisi al SEM: molibdeno.

Legature elastiche

Le legature elastiche (Fig. 27), così come quelle metalliche, hanno il compito di tenere l'arco ancorato agli attacchi.



Figura 27: *legatura elastica* (http://www.dental-world.eu/Catalogo%20ortodonzia/8_Elastomeri_e_Trazioni.pdf).

Per la nostra sperimentazione sono state utilizzate le legature elastiche realizzate dall'azienda Dental World. Tali legature (Figg.: 28, 29, 30) sono composte da un polimero, in particolare si tratta di un elastomero.

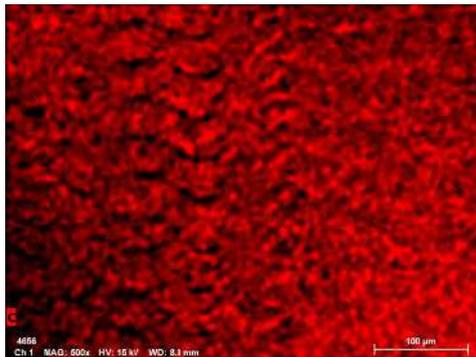


Figura 28: *microanalisi al SEM – carbonio.*

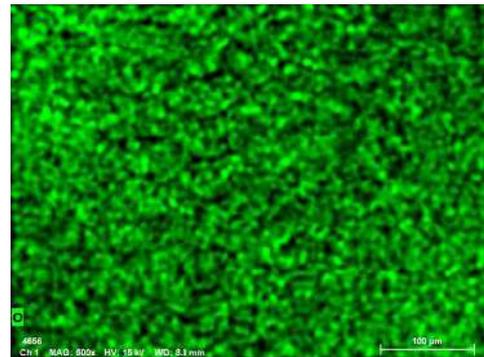


Figura 29: *microanalisi al SEM – ossigeno.*

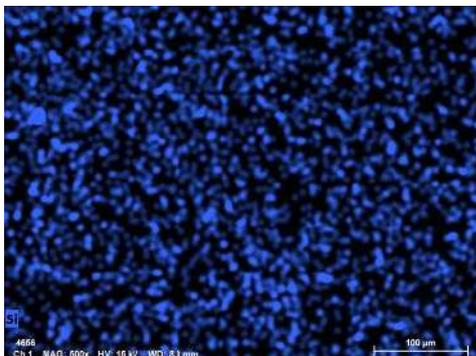


Figura 30: *microanalisi al SEM – silicio.*

Sostanze per prevenzione o disinfettanti/sterilizzanti

Le sostanze utilizzate per agire sui componenti ortodontici sono descritte di seguito.

Collutorio a base di clorexidina digluconato

Il collutorio a base di clorexidina analizzato è il Broxo Din 200mg/100g (Fig. 31) della SIT pharma; contiene clorexidina digluconato allo 0,2%, proprio per questo motivo tale collutorio è un disinfettante della mucosa orale. Gli altri componenti di tale presidio sono: xilitolo, essenza menta trirettificata, saccarina sodica, etanolo, macroglicerolo idrossistearato e acqua depurata.



Figura 31: Broxo Din 200mg/100g collutorio.

Collutorio a base di fluoro

Il collutorio fluorato che abbiamo selezionato è il BioXtra (Fig. 32) della Biopharm; esso contiene sodio monofluorofosfato a 1500 ppm. Gli altri componenti sono: lisozima, lattoferrina, lattoperossidasi, colostro estratto, acqua, glicole propilenico, xilitolo, polossamero 407, sodio benzoato, idrossietilcellulosa, *aloe barbadensis*, aroma e acido etilendiamminotetracetico (EDTA).

Si tratta di un collutorio indicato per il trattamento di afte, stomatiti, xerostomia e per portatori di protesi, ma anche per portatori di apparecchi ortodontici proprio per la presenza di fluoro a fine di prevenzione della carie.



Figura 32: BioXtra collutorio.

EC ster

L'EC ster (Fig. 33), prodotto dall'azienda Rident innovation, è uno sterilizzante generatore di radicali liberi. Esso è composto da perossidi solfati e sodio bromuro tamponati con carbonati alcalini. La sua azione viene esplicita mediante trasferimento di elettroni, i quali determinano un danno irreversibile alla struttura dei microrganismi e loro conseguente rapida distruzione.



Figura 33: EC ster (<https://ridentinnovation.com/ec-ster-spray-sterilizzazione-e-detersione-a-freddo/>).

Gioclorex 0,5%

Il Gioclorex 0,5% (Fig. 34) dell'azienda Giochemica è una soluzione disinfettante a base di: alcol etilico; clorexidina digluconato allo 0,5%; coformulanti; antiossidante; acqua depurata. Ha un pH vicino alla neutralità, il che consente ai bis-biguanidi cationici di ottenere il massimo potere microbica.



Figura 34: Gioclorex 0,5% (https://www.giochemica.com/gioclorex-0_5-100.htm).

Farmecol 70

Il Farmecol 70 (Fig. 35), prodotto dall'azienda Farmec, è una soluzione alcolica a base di alcool etilico denaturato al 70% p/p; i denaturanti sono l'acetone e l'alcool isopropilico; inoltre è contenuta acqua depurata. Si tratta di un prodotto ad ampio spettro d'azione, attivo contro batteri vegetativi Gram-positivi, Gram-negativi, funghi, virus, e *Mycobacterium tuberculosis*.



Figura 35: Farmecol 70 (<https://farmec.it/prodotto/farmecol-70/>).

3B. METODI

Per ogni tipologia di componente ortodontico (arco, attacco, legatura metallica, legatura elastica) sono stati presi in considerazione undici campioni, per un totale di quarantaquattro campioni:

- un campione per il tempo “0”, quindi non immerso in alcuna sostanza;
- un campione per ogni sostanza tenuto in immersione per la metà del tempo previsto per la specifica sostanza;
- un campione per ogni sostanza da analizzare a immersione terminata.

A differenza degli attacchi metallici, che possono essere analizzati tal quali, le altre componenti sono state tagliate per ottenere campioni di dimensioni adeguate all’esame tramite SEM. In particolare, l’arco in Ni-Ti e le legature metalliche sono stati sezionati mediante una tronchesina ortodontica, mentre le legature elastiche sono state staccate mediante un bisturi.

Una volta preparati i campioni, quelli riservati al tempo “0” sono stati osservati al microscopio ottico (Figg. 36, 37, 38, 39).



Figura 36: Arco in Ni-Ti osservato al microscopio ottico



Figura 37: Attacco metallico osservato al microscopio ottico

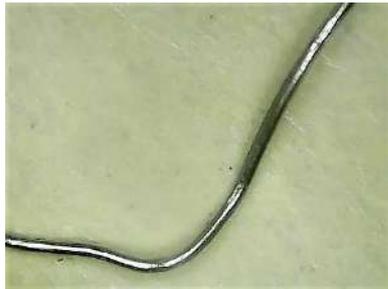


Figura 38: Legatura metallica osservata al microscopio ottico



Figura 39: Legatura elastica osservata al microscopio ottico

Successivamente, per ogni sostanza sono stati stabiliti i tempi di immersione facendo un calcolo medio e tenendo in considerazione i tempi d'azione di ciascun presidio dichiarati dall'azienda produttrice e i tempi medi di permanenza di ciascun componente nel cavo orale di un paziente ortodontico. In particolare, dobbiamo distinguere i colluttori dalle sostanze disinfettanti (che non entreranno a contatto con il cavo orale, ma solo con le componenti dell'apparecchio fisso prima della loro applicazione):

- **Colluttori:** generalmente vengono effettuati due sciacqui al dì e la durata di ogni sciacquo dovrebbe essere all'incirca di 30 secondi, ma considerando l'età media dei pazienti ortodontici e la loro ridotta *compliance*, abbiamo considerato come durata media di uno sciacquo un tempo pari a circa 15 secondi. Ciò vuol dire che in un giorno il collutorio viene a contatto con gli elementi dentari e quindi anche con l'apparecchio fisso per circa 30 secondi.

A questo punto, siamo andati a calcolare il tempo medio di contatto tra la sostanza e ciascun tipo di elemento in esame:

- **Attacchi:** in genere un attacco permane nel cavo orale per tutta la durata del trattamento ortodontico. Prendiamo dunque in considerazione un tempo totale pari a un anno. Di conseguenza, in un anno il tempo medio

di contatto tra la sostanza e l'attacco è di circa 10.950 secondi, ossia circa 3 ore. Dunque, il tempo totale dell'esperimento riguardante i collutori e gli attacchi è di **tre ore** (mentre il tempo intermedio è di un'ora e mezza).

- **Arco e legature metalliche:** per tali componenti è stato preso in considerazione come tempo totale di permanenza nel cavo orale un mese. Quindi, in un mese tali componenti vengono a contatto con il collutorio per 900 secondi, che equivalgono a **quindici minuti** (mentre il tempo intermedio è pari a 7,5 minuti).
- **Legature elastiche:** per le legature elastiche è stato considerato un tempo di permanenza pari alla metà di quello di archi e legature metalliche, quindi pari a **sette minuti e mezzo** (per cui il tempo intermedio è di 3,75 minuti).

- **Sostanze disinfettanti/sterilizzanti:**

- **EC ster:** ha un tempo d'azione pari a **un minuto** (quindi, il tempo intermedio è di 30 secondi).
- **Gioclorex 0,5%:** agisce in **cinque minuti** (di conseguenza il tempo intermedio è di 2,5 minuti).
- **Farmecol 70:** esplica la sua azione in **dieci minuti** (per cui il tempo intermedio è di 5 minuti).

Successivamente le sostanze sono state poste ognuna in un contenitore di vetro e per riconoscerle, essendo tutte trasparenti, sono stati posizionati vicino a ciascun contenitore dei cartoncini su cui è riportata la tipologia di sostanza in esso presente come è possibile vedere nelle figure che seguono.

A questo punto è iniziata la sperimentazione vera e propria, per cui i campioni di archi (Fig.: 40), *brackets* (Fig.: 41), legature metalliche (Fig.: 42) e legature elastiche (Fig.: 43),

riservati sia all'analisi del tempo intermedio che a quella del tempo totale sono stati messi in immersione nelle sostanze e i vari tempi sono stati cronometrati.



Figura 40: campioni di arco immersi.



Figura 41: campioni di brackets immersi.



Figura 42: campioni di legature metalliche immersi.



Figura 43: campioni di legature elastiche immersi.

Man mano che i vari campioni terminavano il loro tempo di immersione sono stati tolti dalla soluzione, lavati con acqua distillata e poggiati su un foglio di carta assorbente e, una volta asciutti, su un foglio su cui precedentemente è stata disegnata una griglia per distinguerli tra loro (Figg.: 44, 45, 46, 47).

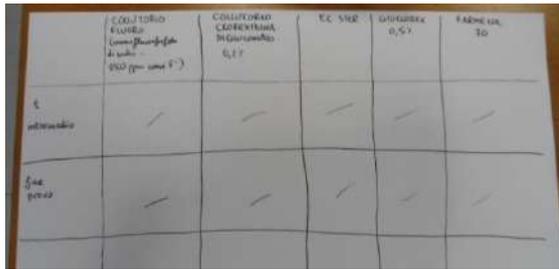


Figura 44: campioni di arco al termine dell'esperimento.

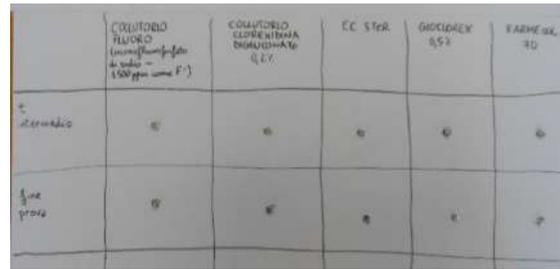


Figura 45: campioni di brackets al termine dell'esperimento.

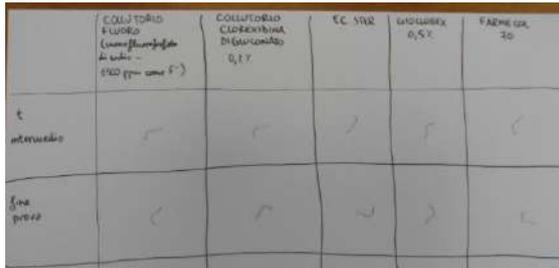


Figura 46: campioni di legature metalliche al termine dell'esperimento.

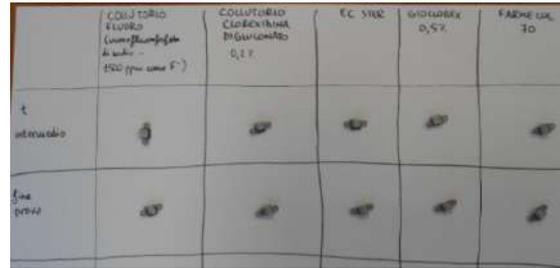


Figura 47: campioni di legature elastiche al termine dell'esperimento.

In seguito sono stati posti ognuno in una bustina, la quale è stata accuratamente chiusa.

A questo punto i campioni erano pronti per l'analisi al microscopio elettronico a scansione. Il SEM utilizzato per il nostro studio è un FE SEM Leo 1525 della Zeiss (Fig. 48) con sonda EDX del tipo Bruker Quantax EDX. Esso presenta una colonna Gemini, che garantisce alta risoluzione alle basse tensioni di accelerazione (< 3kV), alta profondità di campo e consente di ottenere numerose informazioni sul campione. [22] Il sistema Bruker Quantax EDX permette di effettuare una microanalisi semiquantitativa e la mappatura dei campioni tramite l'analisi a raggi X a dispersione di energia. [23] Inoltre, il SEM utilizza differenti sistemi di rilevazione; quelli da noi utilizzati nello studio sono:

- SE o *Secondary Electrons*;
- InLens, un *detector* che fornisce la migliore risoluzione dell'immagine;

- AsB o *Angle Selective Backscattered Detector*, da cui osserviamo i retrodiffusi, i quali ci consentono di discriminare la presenza di materiale organico sul campione poiché esso apparirà più scuro di quello inorganico.



Figura 48: FE SEM Leo 1525 Zeiss.

Prima di procedere all'esame al SEM i campioni sono stati incollati su *stubs* di alluminio (Fig. 49) tramite adesivo al carbonio.



Figura 49: *stubs* di alluminio.

Per i campioni non metallici, quindi le legature elastiche, è stato necessario provvedere alla loro metallizzazione prima dello studio al SEM. Questo è fondamentale perché i campioni non metallici non sono conduttori e ciò fa sì che gli elettroni non si muovano; di conseguenza, non saremmo in grado di studiare i campioni in maniera adeguata. Per preparare i campioni di legature elastiche è stato quindi effettuato un passaggio nel metallizzatore (Fig. 50), il quale ha determinato una copertura dei campioni con un sottile strato (10 nm) di cromo. È da segnalare che il metallizzatore utilizzato (Quorum Q150T ES) ha ricoperto i campioni non solo di cromo, ma in piccola parte anche di alluminio e bromo e ciò è stato tenuto in considerazione quando è stata effettuata la microanalisi.



Figura 50: metallizzatore.

4. RISULTATI

Ai fini dello studio, i risultati ottenuti dai campioni relativi al tempo intermedio non erano rilevanti. Per questo motivo, abbiamo preso in considerazione esclusivamente i campioni corrispondenti al tempo zero e al tempo finale e per ciascuno di essi abbiamo eseguito l'osservazione e la microanalisi al SEM in diversi punti in modo da rendere lo studio il più approfondito possibile; i campioni sono stati osservati al microscopio ottico (le immagini così ottenute non sono riportate in questo lavoro poiché non significative) solo in seguito in modo da evitare contaminazioni che avrebbero potuto falsare i risultati dell'analisi al SEM.

4A. ARCHI

Per gli archi ci siamo soffermati sugli ingrandimenti a 1000 X, magnificazione alla quale è stata anche effettuata la microanalisi.

Arco al tempo zero

Il primo campione di arco ad essere stato analizzato è quello del tempo zero, cioè il campione che non è stato sottoposto ad alcun trattamento.

Dall'osservazione del campione (Fig. 51) è possibile notare la superficie irregolare dell'arco ortodontico dovuta al processo di realizzazione.

È stata poi eseguita la microanalisi (Tab. 2) da cui si rileva la presenza oltre che di nichel e titanio, che caratterizzano la lega, anche di tracce di alluminio, ma anche di materiale organico (carbonio), che si accumula nelle scanalature dell'arco, e di ossigeno.

Scorrendo su questo campione, è stata individuata, come già accennato nell'introduzione, una regione in cui era visibile una formazione micotica (Figg.: 52, 53) e anche qui è stata effettuata una microanalisi (Tab. 3) che ha evidenziato una grande quantità di carbonio (Fig. 54).

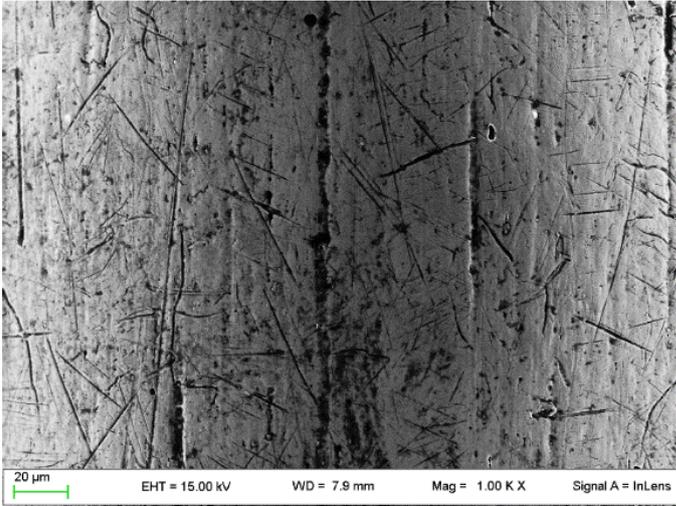


Figura 51: arco ortodontico, tempo 0, zona 1, 1000 X, InLens.

Tabella 2: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico, tempo 0, zona 1.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	13928	5,351262327	5,695387968	19,68923709	0,278535558	5,20504398
Aluminium	13	1818	0,134672897	0,143333357	0,220579568	0,014480732	10,7525215
Titanium	22	354297	38,9967568	41,50453592	35,99367265	0,644941102	1,653832665
Nickel	28	138032	46,06855638	49,03110437	34,68703267	0,987006561	2,14247339
Oxygen	8	9361	3,406570758	3,625638386	9,40947802	0,187721562	5,51057281
		Sum	93,95781916	100	100		

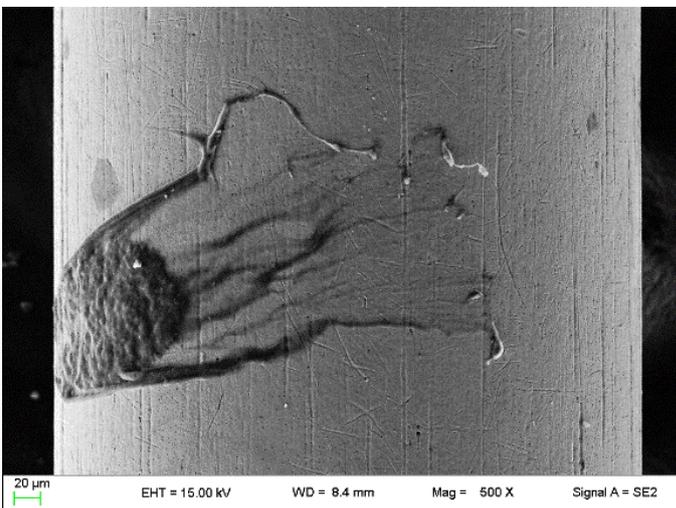


Figura 52: arco ortodontico, tempo 0, zona 2, 500 X, SE.

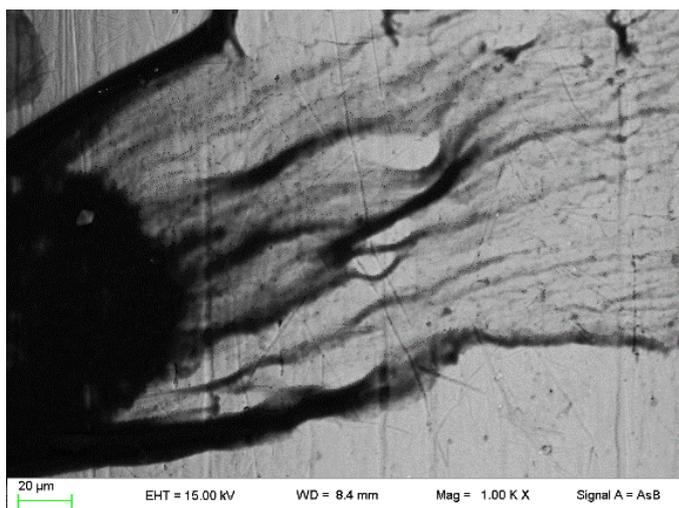


Figura 53: arco ortodontico, tempo 0, zona 2, 1000 X, AsB.

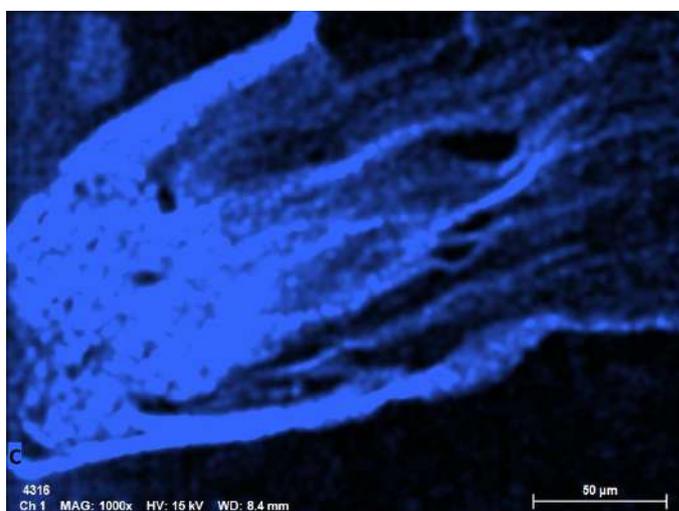


Figura 54: carbonio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

Tabella 3: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico, tempo 0, zona 2.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	151756	38,24196518	36,41077507	64,27428065	1,871778945	4,894567882
Oxygen	8	34244	11,53935682	10,98680269	14,55975599	0,586872022	5,085829577
Fluorine	9	812	0,174273045	0,165928101	0,185177997	0,031643481	18,15741562
Sodium	11	466	0,055946389	0,053267435	0,049126251	0,014146517	25,28584486
Aluminium	13	879	0,060042802	0,057167694	0,044923171	0,009722307	16,19229391
Silicon	14	661	0,039758928	0,037855099	0,028577793	0,00815423	20,50918095
Phosphorus	15	134	0,007679316	0,007311597	0,005005008	0,007039028	91,66216904
Sulfur	16	749	0,039825826	0,037918794	0,025072417	0,007172325	18,00923147
Chlorine	17	372	0,020819236	0,019822321	0,01185473	0,007011132	33,67622292
Potassium	19	860	0,052620126	0,050100448	0,027168784	0,007619222	14,47967219
Calcium	20	682	0,047247237	0,044984836	0,023798335	0,008246105	17,45309359
Titanium	22	241895	24,9037101	23,71121312	10,49992267	0,436618332	1,753226046
Nickel	28	89811	29,84600831	28,4168528	10,2653362	0,70146697	2,35028739
		Sum	105,0292533	100	100		

Arco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato

A questo punto è stato analizzato il campione di arco immerso nel collutorio a base di clorexidina digluconato (Fig. 55). Sono visibili irregolarità. È possibile notare sulla superficie dell'arco la presenza di cristalli, che sono probabilmente sali derivanti dal collutorio utilizzato nella prova. Tali sali assumono una colorazione scura ai retrodiffusi (Fig. 56), il che ci consente di capire che si tratta di materiale meno pesante del titanio. È stata quindi eseguita la microanalisi (Tab. 4), che ha evidenziato la presenza di carbonio e ossigeno oltre che degli elementi chimici normalmente presenti nella lega dell'arco, quali nichel, titanio e alluminio.

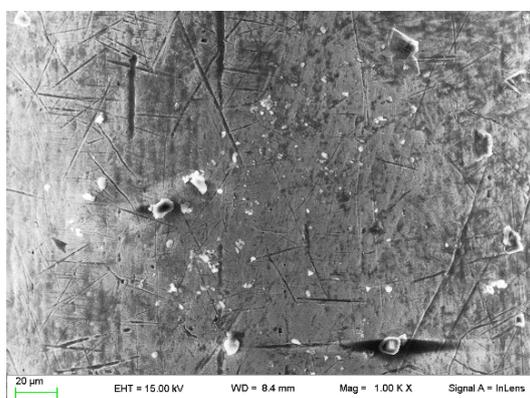


Figura 55: arco ortodontico trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, 1000 X, InLens.

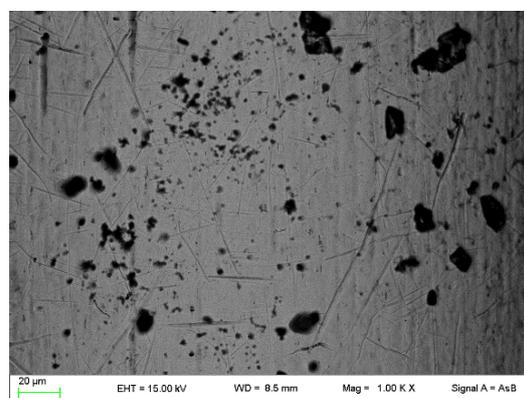


Figura 56: arco ortodontico trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, 1000 X, AsB.

Tabella 4: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	34052	11,16716979	11,51709968	31,77168319	0,573446197	5,135107711
Nitrogen	7	0	0	0	0	0	4,845236256
Oxygen	8	26409	8,511237892	8,777942586	18,17880387	0,446403352	5,244869869
Sodium	11	3103	0,373756016	0,385467883	0,555558551	0,031396224	8,400192338
Aluminium	13	1059	0,07259263	0,074867363	0,091939485	0,011131017	15,33353543
Phosphorus	15	1497	0,081614636	0,08417208	0,09004309	0,009264883	11,35198698
Chlorine	17	209	0,011481045	0,01184081	0,011066451	0,007552231	65,77999503
Titanium	22	344192	35,12904591	36,22983542	25,07197142	0,583128061	1,65995986
Nickel	28	132701	41,61475123	42,91877418	24,22893394	0,899001424	2,16029508
		Sum	96,96164914	100	100		

Arco trattato con collutorio a base di fluoro

Lo studio è stato poi effettuato sul campione di arco immerso nel collutorio a base di fluoro (Fig. 57) ed è stata consecutivamente eseguita la microanalisi (Tab. 5) da cui si evidenzia la presenza di nichel, titanio, tracce di alluminio, residui di carbonio in superficie e ossigeno. Anche in questo caso la superficie appare non regolare.

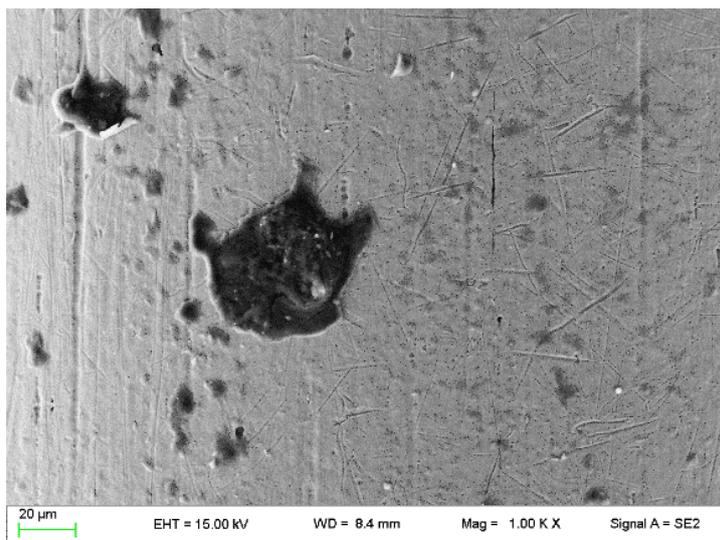


Figura 57: arco ortodontico trattato con collutorio a base di fluoro, 1000 X, SE.

Tabella 5: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico trattato con collutorio a base di fluoro.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	47226	14,50449532	14,87529986	37,30508886	0,735761697	5,072645969
Oxygen	8	33533	10,49283527	10,76108252	20,25973601	0,534073735	5,089889637
Fluorine	9	1503	0,314019775	0,322047628	0,510604448	0,036718698	11,69311647
Aluminium	13	863	0,05693663	0,058392204	0,065188299	0,010249091	18,00087361
Titanium	22	328192	32,73159362	33,5683703	21,11823568	0,542846036	1,658477259
Nickel	28	125993	39,40736602	40,41480749	20,7411467	0,858342654	2,178127445
		Sum	97,50724663	100	100		

Arco trattato con EC ster

È stato analizzato il campione di arco trattato con EC ster. A 500 X (Fig. 58) si nota una superficie sempre irregolare, ma molto più pulita rispetto al tempo 0. Siamo poi passati a 1000 X (Fig. 59) per effettuare la microanalisi (Tab. 6). Quest'ultima, come avvenuto anche con gli altri campioni, ha rilevato presenza di nichel, titanio, alluminio, ma anche di ossigeno e carbonio, anche se tale elemento non risulta particolarmente evidenziato come si può notare dalla Figura 60, per cui si tratta di uno strato abbastanza sottile di materiale.

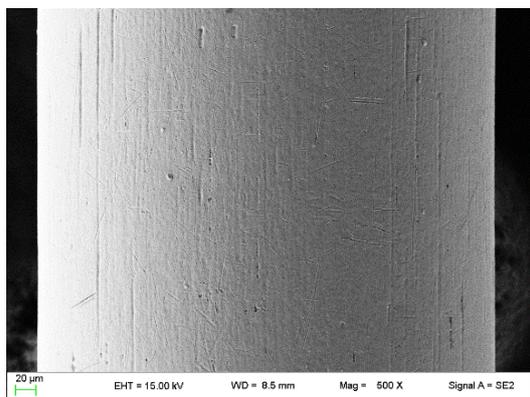


Figura 58: arco ortodontico trattato con EC ster, 500 X, SE.

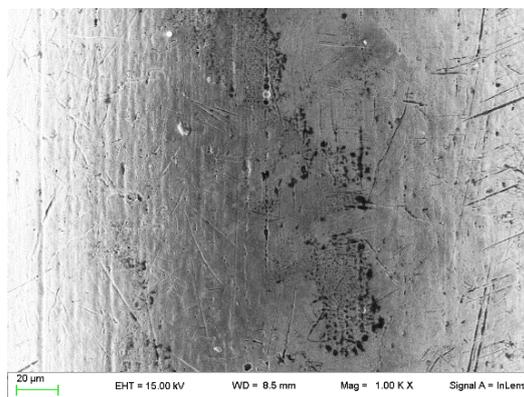


Figura 59: arco ortodontico trattato con EC ster, 1000 X, InLens.

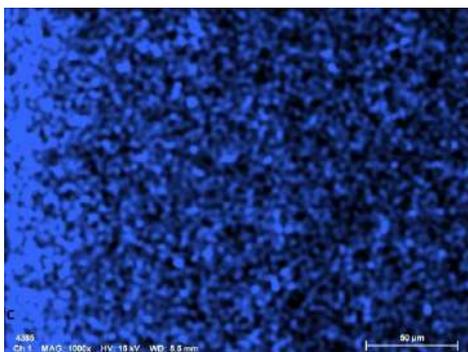


Figura 60: carbonio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

Tabella 6: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico trattato con EC ster.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	15734	5,888376094	6,218029853	21,02232251	0,307080383	5,215026658
Oxygen	8	10854	3,877232357	4,094294617	10,39160075	0,208309343	5,372629844
Aluminium	13	716	0,047661188	0,050329443	0,075746479	0,010497928	22,02615603
Titanium	22	360246	39,35702514	41,56038156	35,24783469	0,655733205	1,666114761
Nickel	28	139661	45,52812631	48,07696452	33,26249558	0,971448171	2,133731936
		Sum	94,69842109	100	100		

Arco trattato con Gioclorex 0,5%

È stato analizzato il campione di arco trattato con il disinfettante Gioclorex 0,5% (Fig. 61). Esso appare con diverse irregolarità, ma molto pulito in superficie probabilmente per la presenza all'interno della sostanza di alcool isopropilico, il quale ha determinato l'eliminazione di tutti i residui più idrofobici. Anche qui è stata eseguita la microanalisi (Tab. 7) che ha evidenziato la presenza, oltre che di nichel e titanio, anche di tracce di alluminio, tracce di sodio, carbonio e ossigeno (in piccole quantità, infatti dalla Figura 62 vediamo che non ci sono particolari accumuli dell'elemento Carbonio).

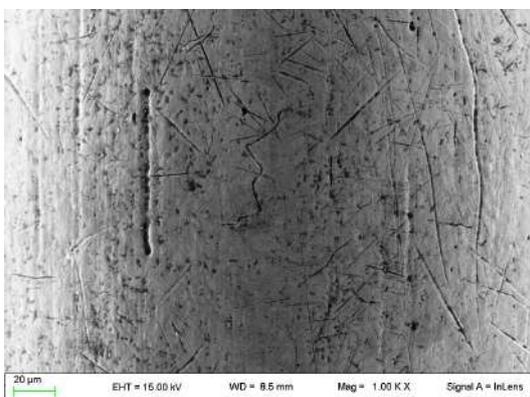


Figura 61: arco ortodontico trattato con Gioclorex 0,5%, 1000 X, InLens.

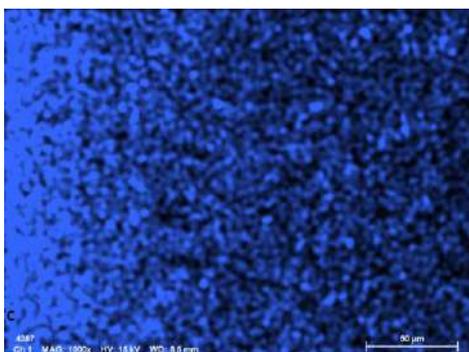


Figura 62: carbonio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

Tabella 7: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico trattato con Gioclorex 0,5%.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	14819	5,496058481	5,93996984	20,34281174	0,286093282	5,205426461
Oxygen	8	9823	3,452270517	3,731107087	9,592679285	0,199669812	5,783724395
Sodium	11	1532	0,200093972	0,216255369	0,386935147	0,023575213	11,7820706
Aluminium	13	866	0,059426062	0,064225848	0,097914954	0,010978401	18,47405057
Titanium	22	358185	37,73826227	40,78634544	35,04019857	0,618644369	1,639302744
Nickel	28	139518	45,56267739	49,24273104	34,51109747	0,971721748	2,132714325
Silicon	14	306	0,017918142	0,019365373	0,028362833	0,008546321	47,69647167
		Sum	92,52670684	100	100		

Arco trattato con Farmecol 70

L'ultimo campione degli archi ad essere analizzato è stato quello trattato con il disinfettante Farmecol 70 (Fig. 63). Anche questo appare caratterizzato da irregolarità, ma pulito in superficie. È stata quindi effettuata la microanalisi (Tab. 8), da cui si evidenzia la presenza di nichel, titanio, alluminio e piccole quantità di carbonio (Fig. 64) e ossigeno.

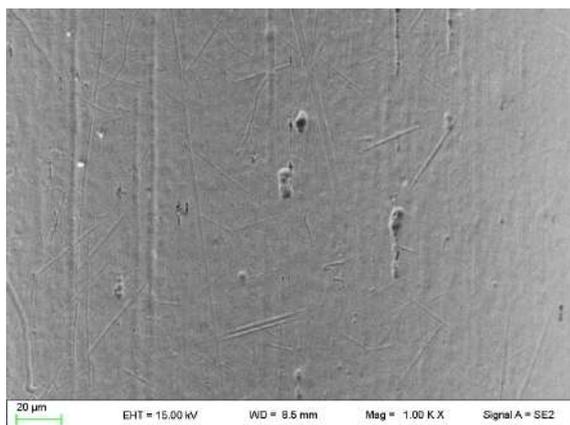


Figura 63: arco ortodontico trattato con Farmecol, 70, 1000 X, SE.

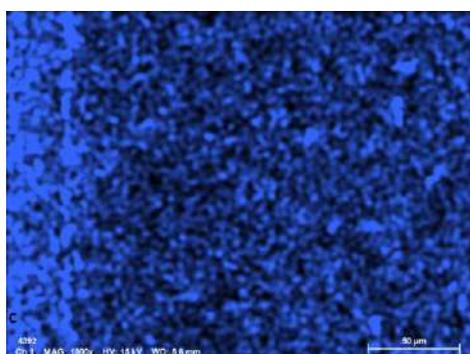


Figura 64: carbonio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

Tabella 8: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'arco ortodontico trattato con Farmecol 70.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[% Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	14198	5,41338443	5,800252932	20,07142132	0,281759289
Oxygen	8	9054	3,270046432	3,503740895	9,102038075	0,181213235
Aluminium	13	1050	0,078532798	0,084145158	0,129620222	0,012039859
Titanium	22	353838	38,11145603	40,83509816	35,44784387	0,625993021
Nickel	28	138520	46,45672458	49,77676285	35,24907651	0,995850764
		Sum	93,33014427	100	100	

4B. ATTACCHI

Lo studio e la conseguente microanalisi sono stati effettuati a 1000 X e l'esame è stato eseguito su diversi punti dell'attacco (alette, *slot* e scanalatura centrale) quando possibile: infatti, alcune zone di alcuni campioni di *brackets* non erano raggiungibili dal fascio emesso dal SEM a causa della conformazione non piana di queste componenti.

Attacco al tempo zero

Siamo partiti dal campione di attacco al tempo zero (Fig. 65).

L'analisi è partita da una delle alette (Figg.: 66, 67). Dalla microanalisi (Tab. 9) si evidenzia la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio, tracce di ossigeno, di silicio e di manganese.

Siamo poi passati allo *slot* (Figg.: 68, 69) e alla microanalisi (Tab. 10) si osservano gli stessi elementi chimici riscontrabili alla microanalisi dell'aletta; inoltre, si nota un'importante rugosità di superficie.

Infine, è stata analizzata la scanalatura centrale (Figg.: 70, 71) dove non è stato possibile eseguire la microanalisi, ma a questo livello è possibile notare come la struttura presenti molte anfrattuosità che possono facilmente accogliere biofilm dentale.

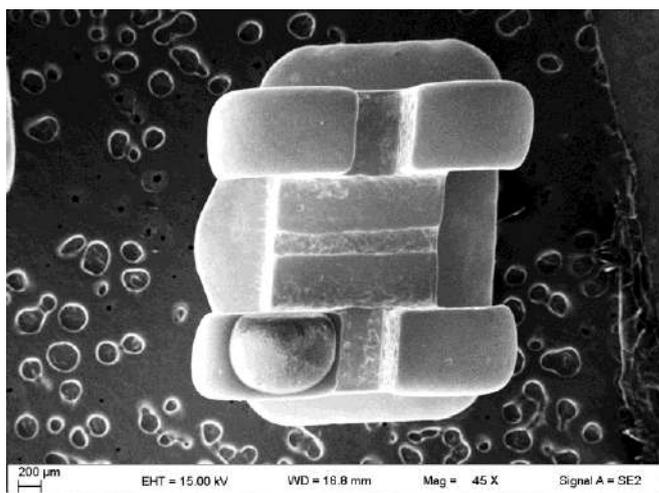


Figura 65: attacco, tempo 0, 45 X, SE.

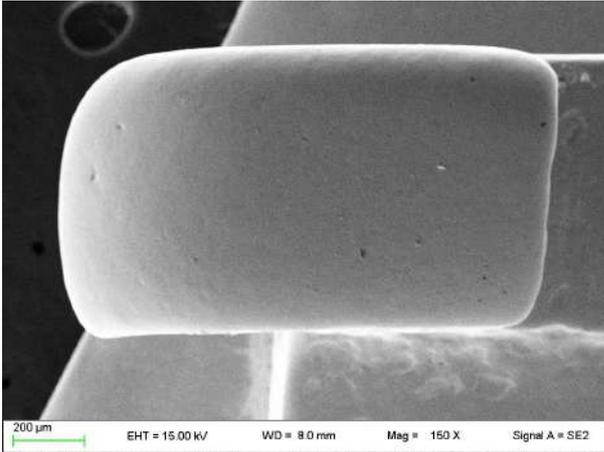


Figura 66: attacco, aletta, tempo 0, 150 X, SE.

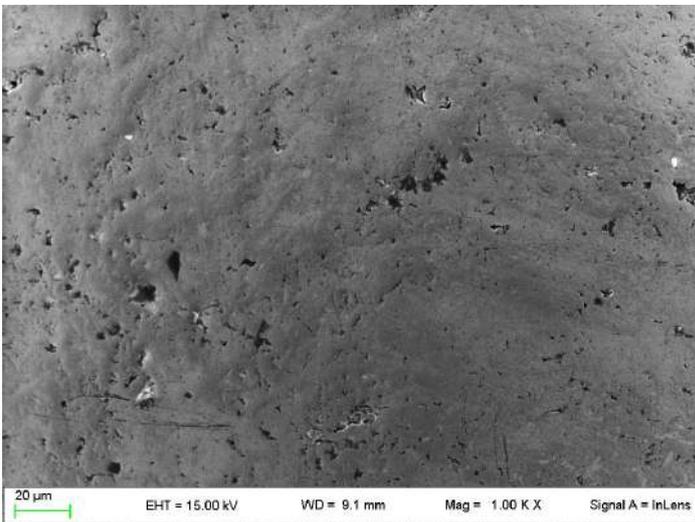


Figura 67: arco, aletta, tempo 0, 1000 X, AsB.

Tabella 9: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'aletta dell'attacco al tempo 0.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	9140	3,50624549	3,986732029	15,75291332	0,186850874	5,329087046
Silicon	14	7950	0,490582938	0,557811116	0,942601247	0,021557786	4,394320318
Calcium	20	741	0,059554109	0,067715246	0,0801869	0,010704473	17,97436536
Chromium	24	124128	15,03695476	17,09757897	15,60585935	0,259125647	1,723258802
Manganese	25	5569	0,914022765	1,039278009	0,897804749	0,041294512	4,517886642
Iron	26	280699	60,95212701	69,30484407	58,89612846	1,125566994	1,846641044
Nickel	28	17865	6,418010203	7,297517218	5,900772424	0,160237328	2,496682356
Oxygen	8	4515	0,570362396	0,648523339	1,92373355	0,047244651	8,283268974
		Sum	87,94785968	100	100		

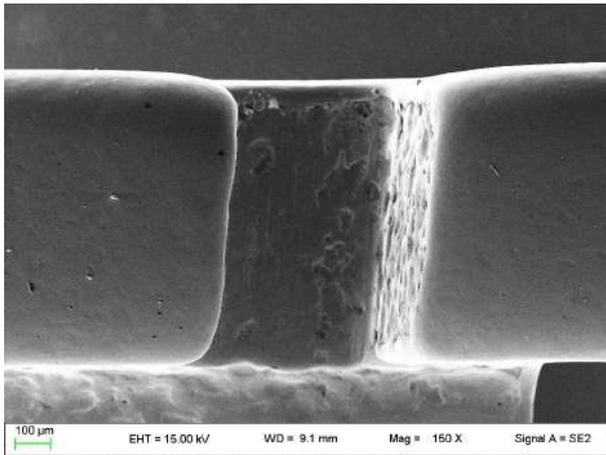


Figura 68: attacco, slot, tempo 0, 150 X, SE.

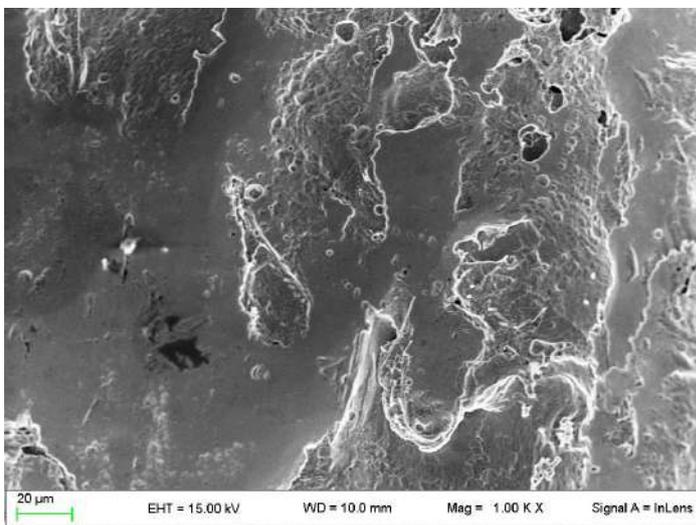


Figura 69: attacco, slot, tempo 0, 1000 X, InLens.

Tabella 10: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dello slot dell'attacco al tempo 0.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	8867	3,863648818	4,314875342	16,7865151	0,207373502	5,367296867
Oxygen	8	5416	0,780307461	0,871437747	2,54509578	0,054702886	7,010427121
Silicon	14	6115	0,431289433	0,481658719	0,801361965	0,020710969	4,802104396
Phosphorus	15	531	0,035837504	0,040022883	0,060378997	0,009367847	26,13978678
Sulfur	16	2365	0,153730021	0,171683791	0,250181945	0,012182942	7,924894452
Chromium	24	112244	15,60037555	17,42230698	15,65695076	0,278338996	1,784181383
Manganese	25	4906	0,919040888	1,026373528	0,872979522	0,044172548	4,80637464
Iron	26	248897	61,39860235	68,56920177	57,37209439	1,187577986	1,934210129
Nickel	28	15748	6,359704227	7,102439235	5,654441533	0,166668043	2,620688592
		Sum	89,54253625	100	100		

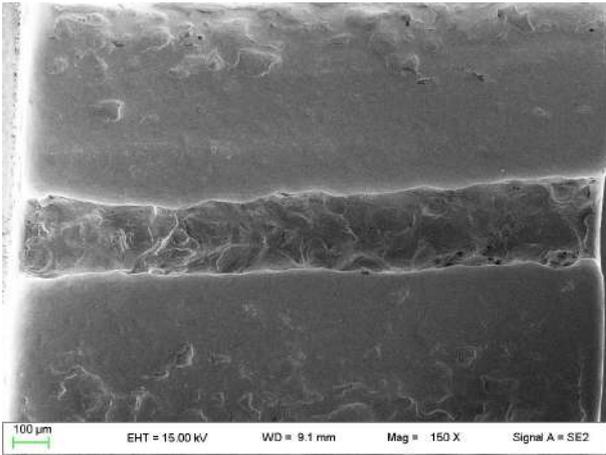


Figura 70: attacco, scanalatura centrale, tempo 0, 150 X, SE.

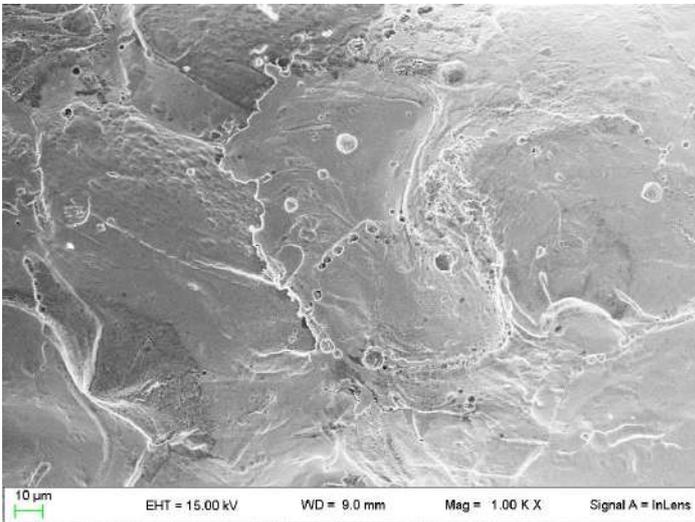


Figura 71: attacco, scanalatura centrale, tempo 0, 1000 X, InLens.

Attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato

L'analisi si è spostata sul campione di attacco immerso nel collutorio a base di clorexidina digluconato (Fig. 72).

Dapprima è stata analizzata una delle alette (Figg.: 73, 74) e alla microanalisi (Tab. 11) sono stati ritrovati elementi chimici quali ferro, cromo, nickel, manganese, carbonio e tracce di silicio.

Il *focus* è stato poi spostato sullo *slot* (Figg.: 75, 76) dalla cui microanalisi (Tab. 12) sono emersi come elementi chimici presenti gli stessi evidenziati dalla microanalisi dell'aletta; si evidenziano irregolarità di superficie.

Ci siamo poi spostati sulla scanalatura centrale (Figg.: 77, 78), dove il fascio di elettroni ha determinato l'esplosione del materiale organico. La microanalisi (Tab. 13) ha mostrato la presenza degli stessi elementi chimici evidenziati nelle precedenti analisi; inoltre, la struttura risulta particolarmente irregolare.

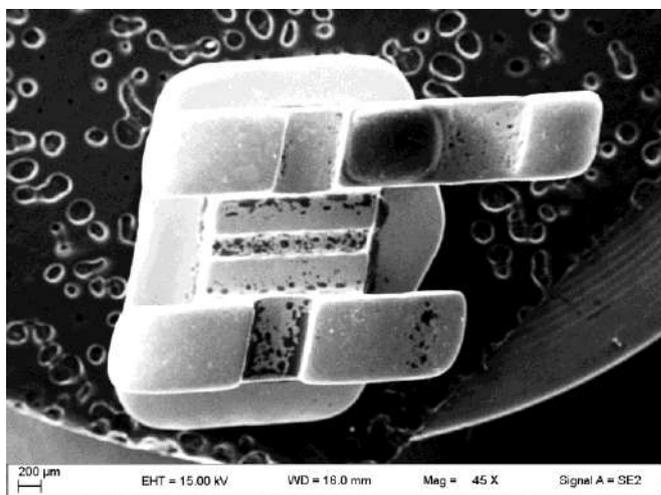


Figura 72: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, 45 X, SE.

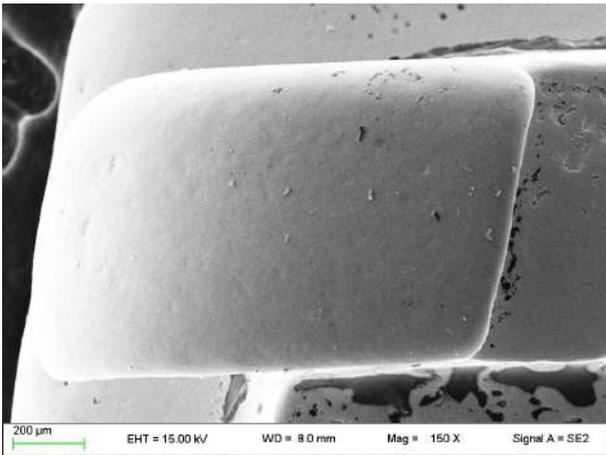


Figura 73: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, aletta, 150 X, SE.

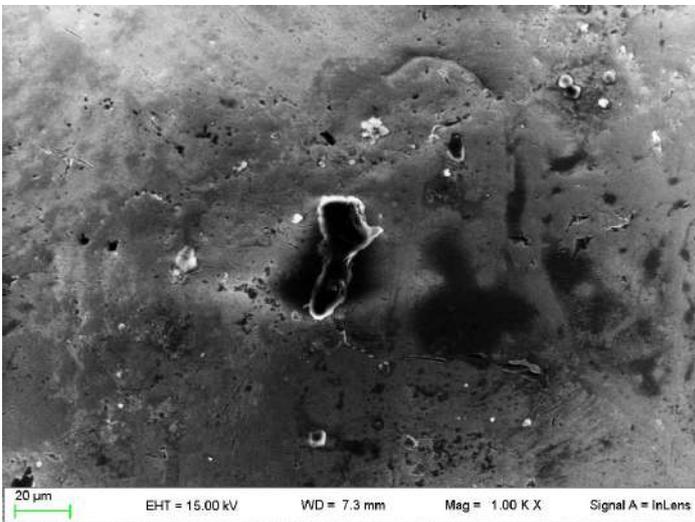


Figura 74: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, aletta, 1000 X, InLens.

Tabella 11: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'aletta dell'attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	8757	4,896459695	5,359673255	20,48903064	0,26261053	5,363273594
Fluorine	9	585	0,116114871	0,127099538	0,307177365	0,611717833	526,8212672
Sodium	11	933	0,186488528	0,204130665	0,407695473	0,026184552	14,04083792
Aluminium	13	441	0,043504542	0,047620147	0,081037542	0,012084399	27,77732683
Silicon	14	5059	0,436812331	0,478135533	0,781683823	0,021990102	5,034222008
Phosphorus	15	772	0,066306606	0,072579325	0,107592318	0,011243197	16,95637534
Sulfur	16	361	0,028860115	0,031590332	0,045234695	0,00980843	33,98610808
Chlorine	17	131	0,010999049	0,012039578	0,015592804	0,00980234	89,11988757
Potassium	19	0	0	0	0	0	1,048965272
Calcium	20	0	0	0	0	0	0,965889525
Chromium	24	85660	15,44134167	16,90211931	14,92565822	0,295193089	1,911706222
Manganese	25	4359	1,055444746	1,155291645	0,965563971	0,050738435	4,807303719
Iron	26	196579	62,42072188	68,32583018	56,17555	1,27700384	2,045801141
Nickel	28	12914	6,654375084	7,283890482	5,698183144	0,184549404	2,773354402
		Sum	91,35742911	100	100		

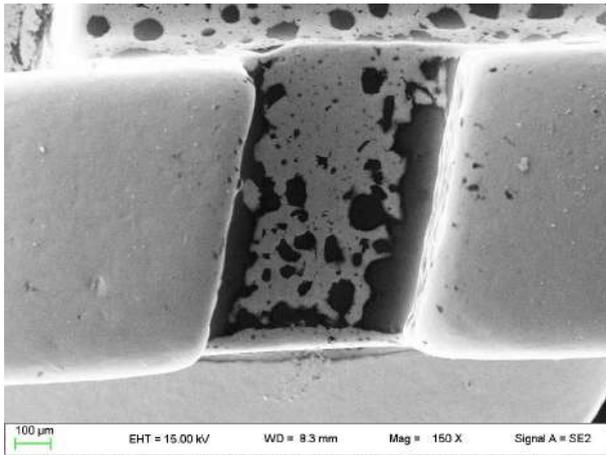


Figura 75: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, slot, 150 X, SE.

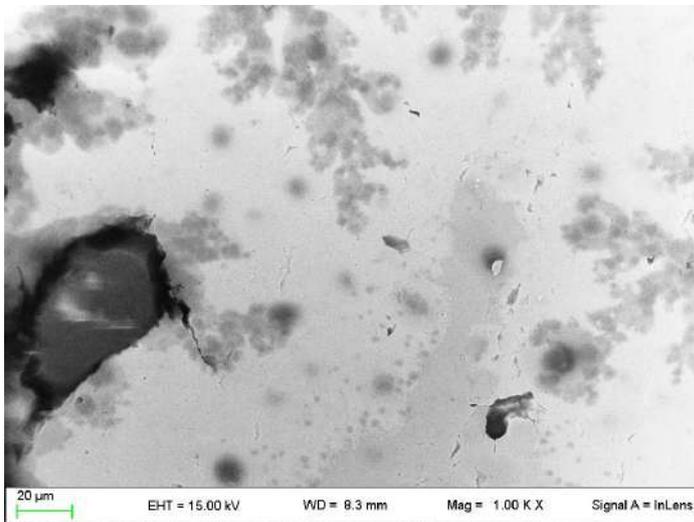


Figura 76: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, slot, 1000 X, InLens.

Tabella 12: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dello slot dell'attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	9089	5,029074469	5,493208168	21,00238885	0,602473497	11,97980862
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,334685122
Sodium	11	136	0,025732008	0,028106817	0,056143418	0,017823695	69,26662982
Aluminium	13	598	0,063471039	0,069328787	0,117996377	0,01369788	21,58130687
Silicon	14	5341	0,481990508	0,526473451	0,860827476	0,024780898	5,141366407
Phosphorus	15	437	0,037819461	0,041309822	0,061246489	0,010795084	28,54372687
Sulfur	16	0	0	0	0	0	1,52112455
Chlorine	17	0	0	0	0	0	1,319275406
Potassium	19	60	0,005710291	0,006237294	0,007325886	0,0103691	181,5862053
Calcium	20	127	0,01431066	0,015631392	0,017910735	0,011772926	82,26682636
Chromium	24	85275	15,22263946	16,62753812	14,68519852	0,3140213	2,062857109
Manganese	25	4441	1,064721468	1,1629847	0,972126901	0,053029432	4,980591988
Iron	26	199599	62,74636174	68,53722867	56,35708163	1,427730174	2,275399138
Nickel	28	13439	6,858940586	7,49195278	5,861753725	0,203841223	2,971905365
		Sum	91,5507717	100	100		

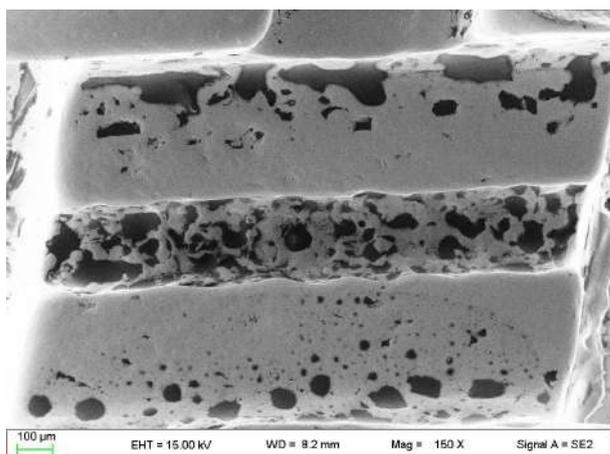


Figura 77: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, scanalatura centrale, 150 X, SE.

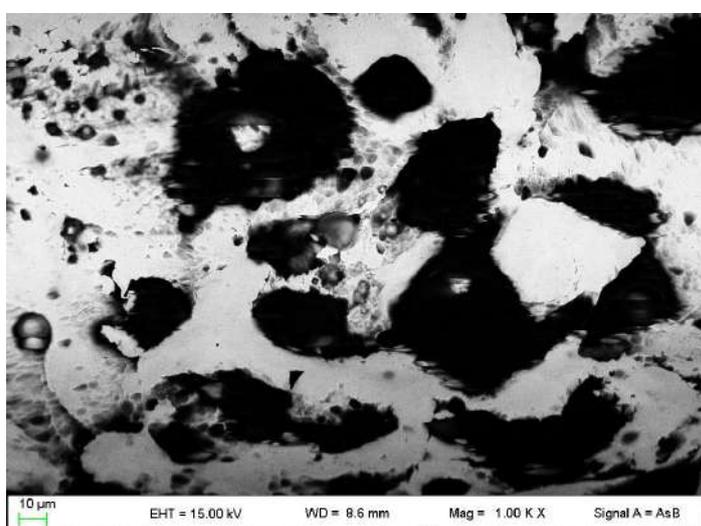


Figura 78: attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato, scanalatura centrale, 1000 X, AsB.

Tabella 13: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della scanalatura centrale dell'attacco trattato con collutorio a base di clorexidina digluconato.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	13094	8,658217055	9,237691353	31,68000121	0,451469056	5,214342087
Fluorine	9	582	0,143065923	0,152640992	0,330944419	0,544748316	380,7673441
Sodium	11	0	0	0	0	0	4,176662945
Aluminium	13	585	0,083434505	0,089018582	0,135898558	0,015777142	18,90961247
Silicon	14	4141	0,490760428	0,52360588	0,767932882	0,025731573	5,243204548
Phosphorus	15	380	0,042062331	0,044877465	0,059680891	0,011937506	28,38051509
Sulfur	16	405	0,042099396	0,04491701	0,057698824	0,011295227	26,82990357
Chlorine	17	97	0,010546426	0,011252273	0,0130735	0,011046501	104,7416606
Potassium	19	0	0	0	0	0	1,048965272
Calcium	20	0	0	0	0	0	0,965889525
Chromium	24	68460	15,16189659	16,17664701	12,81502574	0,318126218	2,098195406
Manganese	25	3296	0,98103725	1,046695788	0,784781109	0,054235965	5,528430777
Iron	26	157930	61,66957167	65,79697245	48,52962896	1,362705259	2,209688217
Nickel	28	10173	6,44437424	6,875681195	4,825333917	0,196121544	3,043298498
		Sum	93,72706582	100	100		

Attacco trattato con collutorio a base di fluoro

Abbiamo esaminato l'attacco trattato con collutorio a base di fluoro (Fig. 79).

L'analisi è partita da una delle alette (Figg.: 80, 81) e alla microanalisi (Tab. 14) sono stati evidenziati ferro, cromo, nickel, carbonio, tracce di manganese e di silicio.

Per quanto riguarda lo slot (Figg.: 82, 83), la microanalisi (Tab. 15) ha evidenziato la presenza di ferro, carbonio, cromo, nickel, tracce di silicio e di manganese; si nota la morfologia di superficie non regolare.

Infine, ci siamo spostati sulla scanalatura centrale (Figg.: 84, 85) e dalla microanalisi di tale zona (Tab. 16) è emersa la presenza di ferro, cromo, carbonio, nickel, manganese, tracce di silicio, di sodio e di alluminio; la struttura è ricca di anfrattuosità.

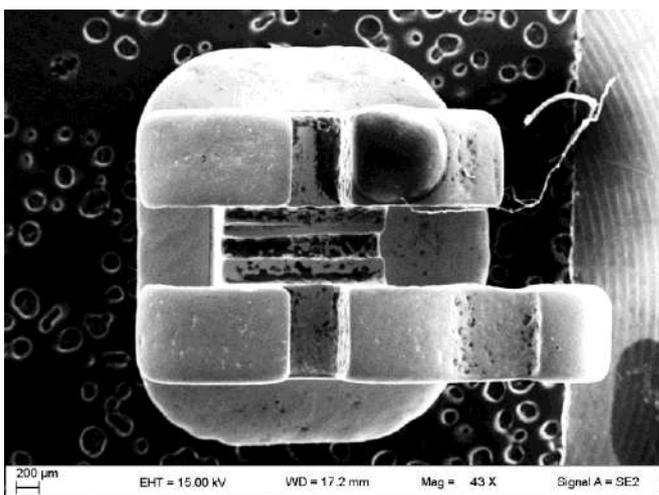


Figura 79: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, 45 X, SE.

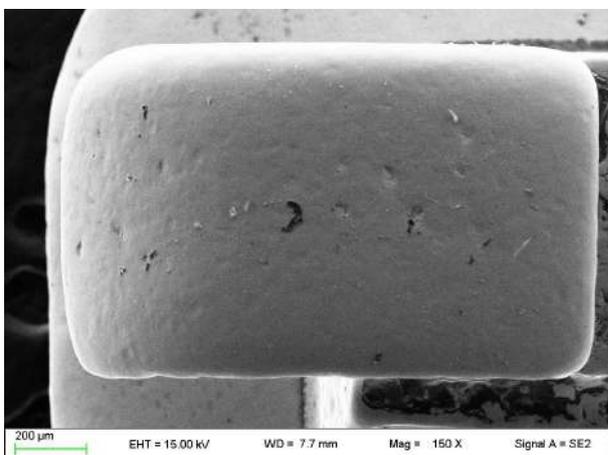


Figura 80: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, aletta, 150 X, SE.

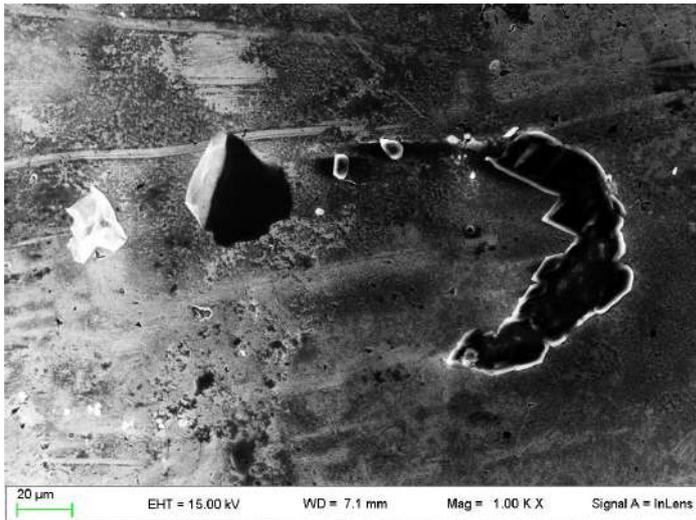


Figura 81: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, aletta, 1000 X, InLens.

Tabella 14: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'aletta dell'attacco trattato con collutorio a base di fluoro.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	16601	9,033393797	10,09155505	33,69292315	0,468690417	5,188420073
Fluorine	9	1308	0,266767735	0,298016598	0,629047136	0,379223482	142,154928
Sodium	11	1144	0,228013547	0,254722789	0,444317009	0,027896203	12,23444962
Aluminium	13	449	0,049946423	0,055797089	0,082928646	0,013248812	26,52604786
Silicon	14	4814	0,453610571	0,506745986	0,723548958	0,023003649	5,071233108
Sulfur	16	209	0,017513498	0,019565009	0,024467806	0,009674941	55,2427651
Chlorine	17	128	0,011274843	0,012595565	0,014247153	0,009835454	87,2336227
Potassium	19	512	0,051533923	0,057570546	0,059047599	0,011160333	21,65628426
Calcium	20	404	0,0485254	0,054209609	0,054241289	0,012565454	25,89459148
Chromium	24	77133	14,2055282	15,86954726	12,23923763	0,27672287	1,94799423
Manganese	25	3458	0,856207961	0,956503166	0,69818953	0,047230024	5,516186072
Iron	26	179154	58,23983521	65,06198182	46,71831862	1,211824269	2,080748107
Nickel	28	11464	6,052237446	6,761189506	4,61948547	0,172727183	2,853939308
		Sum	89,51438855	100	100		

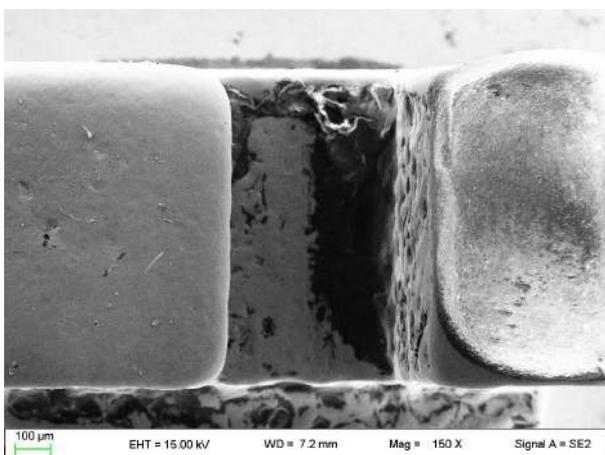


Figura 82: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, slot, 150 X, SE.

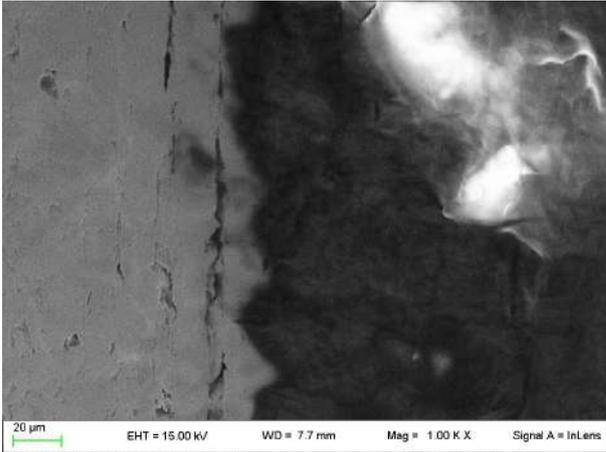


Figura 83: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, slot, 1000 X, In Lens.

Tabella 15: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dello slot dell'attacco trattato con collutorio a base di fluoro.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	15860	35,09910142	38,04363243	70,98595978	1,772583875	5,050225799
Fluorine	9	754	0,869659228	0,94261661	1,111956274	0,328100737	37,72750593
Sodium	11	4859	3,999022914	4,334508625	4,225468745	0,281998566	7,051686683
Aluminium	13	154	0,068042848	0,073751094	0,061259208	0,022090756	32,46594765
Silicon	14	646	0,250312572	0,271311774	0,216499118	0,027031162	10,79896313
Phosphorus	15	3762	1,439499477	1,560261852	1,128946106	0,066596316	4,626352219
Sulfur	16	181	0,068991574	0,074779409	0,052264511	0,018693985	27,09604058
Chlorine	17	35	0,014291283	0,015490207	0,009792138	0,018583043	130,0306071
Potassium	19	0	0	0	0	0	1,048965272
Calcium	20	0	0	0	0	0	0,965889525
Chromium	24	10591	10,40787017	11,28100639	4,862365023	0,38681241	3,71653762
Manganese	25	354	0,461204907	0,499896272	0,203927926	0,078927192	17,11325945
Iron	26	21165	36,01071515	39,03172318	15,66345361	1,437678477	3,992363026
Nickel	28	1311	3,571409742	3,871022162	1,47810756	0,220675133	6,17893631
		Sum	92,26012129	100	100		

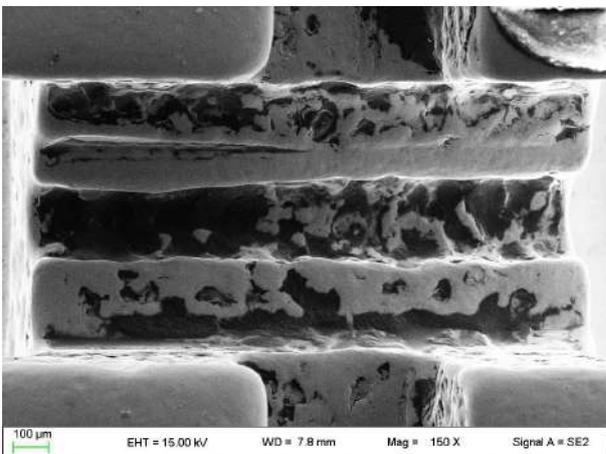


Figura 84: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, scanalatura centrale, 150 X, SE.

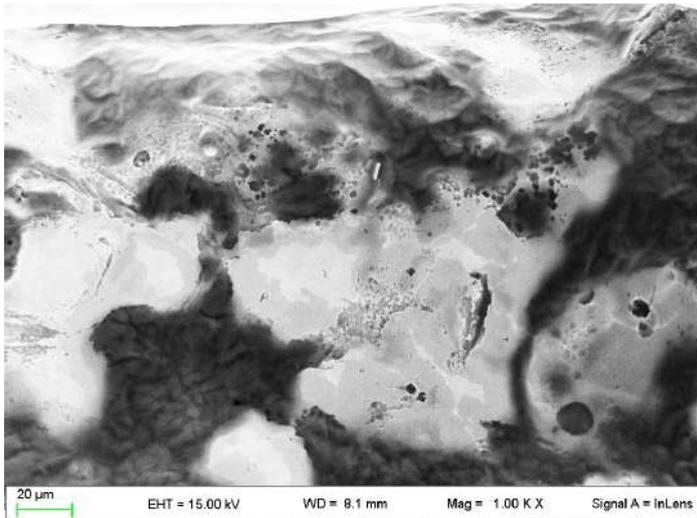


Figura 85: attacco trattato con collutorio a base di fluoro, scanalatura centrale, 1000 X, InLens.

Tabella 16: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della scanalatura centrale dell'attacco trattato con collutorio a base di fluoro.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	12022	7,018690122	7,405220604	26,56274967	0,368091728	5,244450485
Fluorine	9	263	0,056381699	0,05948673	0,13490165	0,5644251	1001,078555
Sodium	11	2462	0,491776107	0,518859003	0,972364122	0,041123467	8,36223367
Aluminium	13	934	0,099624188	0,105110651	0,167839505	0,014493024	14,54769639
Silicon	14	5173	0,465422827	0,491054406	0,753289038	0,022936342	4,928065626
Sulfur	16	431	0,035197779	0,037136177	0,0498961	0,009920857	28,1860296
Chlorine	17	112	0,009758236	0,010295638	0,012511752	0,009804755	100,4767092
Potassium	19	0	0	0	0	0	1,048965272
Calcium	20	933	0,110809008	0,116911437	0,125679705	0,013481556	12,16648002
Chromium	24	83798	16,35348665	17,2540993	14,29672467	0,320015356	1,95686316
Manganese	25	3710	0,963694638	1,016766842	0,797375203	0,051299634	5,32322496
Iron	26	185477	62,68646856	66,13871256	51,02348093	1,310597457	2,090718279
Nickel	28	11829	6,376977427	6,728167765	4,938803411	0,181445299	2,845318196
Phosphorus	15	1311	0,112010304	0,118178891	0,164384239	0,01218665	10,87993612
		Sum	94,78029755	100	100		

Attacco trattato con EC ster

È stato analizzato il campione di *bracket* trattato con EC ster (Fig. 86).

La prima zona a essere stata analizzata è stata una delle alette (Figg.: 87, 88) dalla cui microanalisi (Tab. 17) possiamo notare la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di silicio e di alluminio.

Poi siamo passati allo *slot* (Figg.: 89, 90). La microanalisi di tale porzione (Tab. 18) mostra la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di sodio, di silicio, di zolfo e di alluminio; è possibile notare una superficie notevolmente irregolare.

Infine, è stata esaminata la scanalatura centrale (Figg.: 91, 92) e dalla microanalisi (Tab. 19) vediamo che gli elementi chimici qui presenti sono ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di silicio e di alluminio. In quest'ultimo caso la microanalisi è stata eseguita a 5000 X perché a 1000 X il SEM non era in grado di leggere correttamente la sezione; la struttura presenta evidenti anfrattuosità.

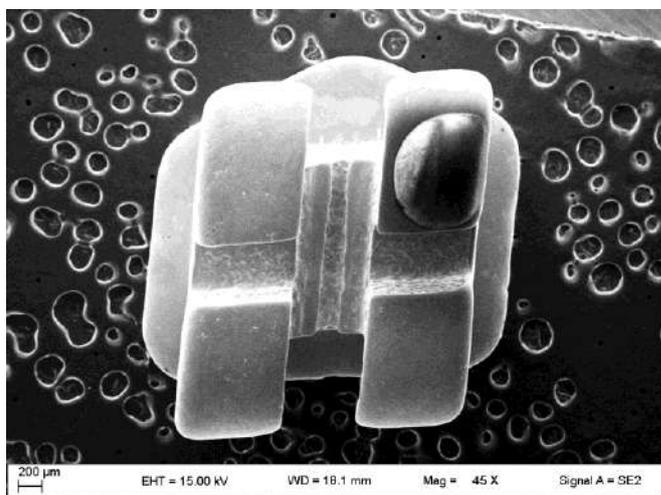


Figura 86: attacco trattato con EC ster, 45 X, SE.

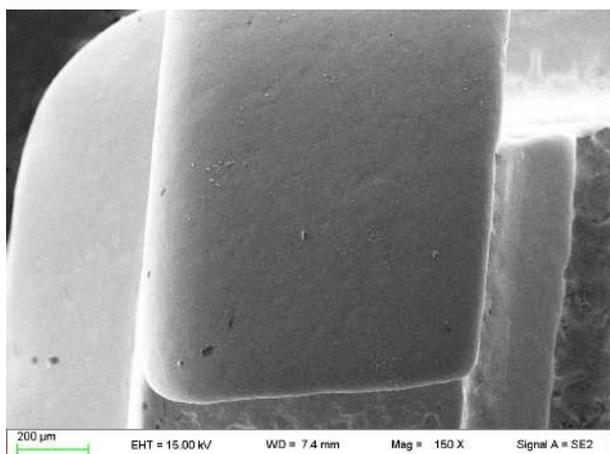


Figura 87: attacco trattato con EC ster, aletta, 150 X, SE.

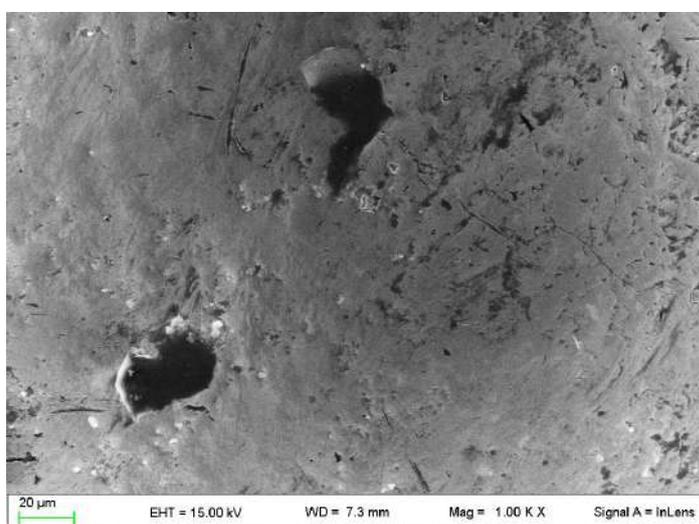


Figura 88: attacco trattato con EC ster, aletta, 1000 X, InLens.

Tabella 17: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'aletta dell'attacco trattato con EC ster.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [% Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)	
Carbon	6	8524	4,854258041	5,311646439	20,40066951	0,262353341	5,404602287
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,338622061
Sodium	11	37	0,006523826	0,007138528	0,014324137	0,016313665	250,0628481
Aluminium	13	1494	0,158360519	0,173281906	0,296265383	0,016676715	10,53085426
Silicon	14	5295	0,47520356	0,519979217	0,854079414	0,023506191	4,94655188
Phosphorus	15	0	0	0	0	0	1,78739202
Sulfur	16	393	0,031546966	0,034519453	0,04966078	0,009974182	31,61692803
Chlorine	17	15	0,001308078	0,001431331	0,001862452	0,009690863	740,8474061
Potassium	19	0	0	0	0	0	1,048965272
Calcium	20	155	0,017594556	0,019252389	0,022160166	0,011904924	67,66254085
Chromium	24	84304	15,58453527	17,05297505	15,12950258	0,299600723	1,922423207
Manganese	25	4026	0,995199465	1,088971301	0,91440379	0,050399431	5,064254181
Iron	26	194264	62,68893674	68,59574929	56,66198488	1,288800327	2,055865667
Nickel	28	12681	6,575485483	7,195055095	5,65508691	0,183147562	2,785308591
		Sum	91,3889525	100	100		

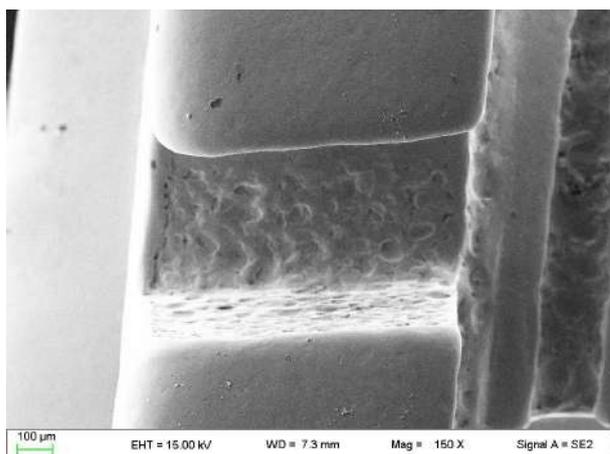


Figura 89: attacco trattato con EC ster, slot, 150 X, SE.

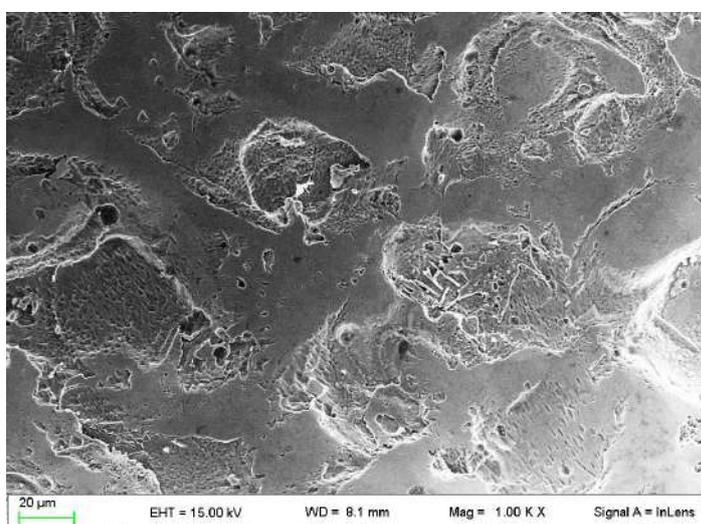


Figura 90: attacco trattato con EC ster, slot, 1000 X, InLens.

Tabella 18: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dello slot dell'attacco trattato con EC ster.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1sigma)	rel. error [%](1sigma)
Carbon	6	4522	2,528263024	2,841161304	11,62298501	0,148326467	5,866734005
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,359921882
Sodium	11	4049	0,76958442	0,864828324	1,848401158	0,054506084	7,082534711
Aluminium	13	2121	0,212054809	0,238298749	0,433966277	0,017854803	8,419900052
Silicon	14	4616	0,400941508	0,450562101	0,788267192	0,021141993	5,27308655
Phosphorus	15	258	0,022014836	0,024739396	0,039246065	0,010304876	46,80877829
Sulfur	16	2784	0,229748889	0,258182652	0,395624541	0,014829628	6,454711724
Chlorine	17	161	0,013790049	0,015496708	0,021477864	0,009958806	72,21733617
Potassium	19	2370	0,230687204	0,259237094	0,325791855	0,015235559	6,604423056
Calcium	20	48	0,005462776	0,006138851	0,007526308	0,011817711	216,3315954
Chromium	24	92215	15,98574031	17,96413837	16,97607988	0,300619499	1,880547867
Manganese	25	3972	0,93150795	1,04679154	0,936242415	0,048680186	5,225954917
Iron	26	198557	61,61290053	69,23812402	60,91810671	1,25072754	2,029976725
Nickel	28	11764	6,044261957	6,792300888	5,686284721	0,170206828	2,816006807
		Sum	88,98695827	100	100		

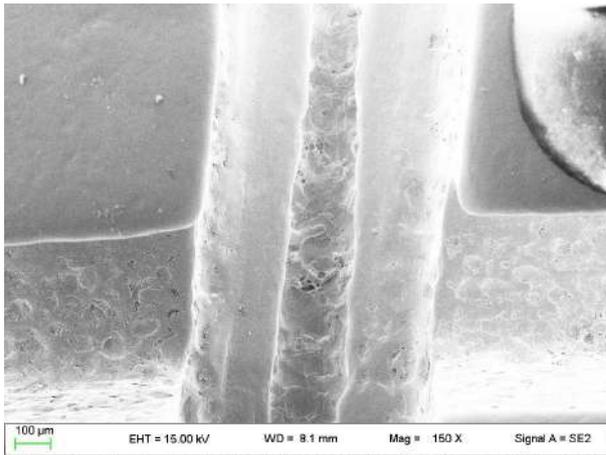


Figura 91: attacco trattato con EC ster, scanalatura centrale, 150 X, SE.

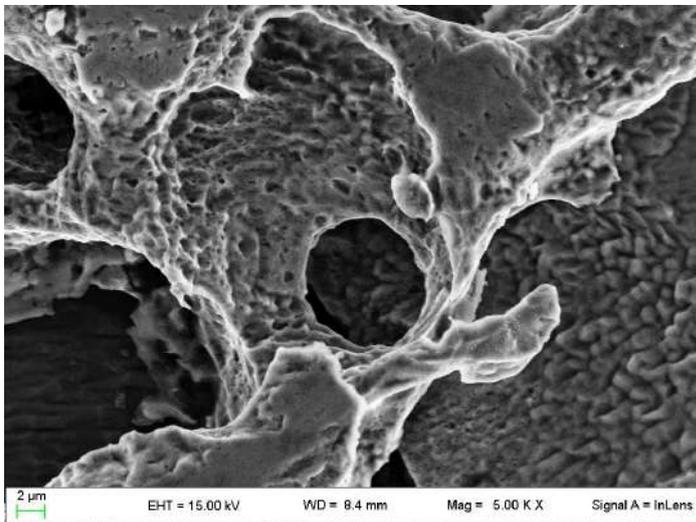


Figura 92: attacco trattato con EC ster, scanalatura centrale, 5000 X, InLens.

Tabella 19: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della scanalatura centrale dell'attacco trattato con EC ster.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	6007	3,743155375	4,104112721	16,35293386	0,206972988	5,529372081
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,334649875
Sodium	11	244	0,05156139	0,056533522	0,11768659	0,020167581	39,11372723
Aluminium	13	842	0,096804682	0,106139683	0,188263714	0,014934856	15,42782391
Silicon	14	4799	0,470954827	0,516369614	0,879901554	0,023817973	5,057379554
Phosphorus	15	388	0,036696936	0,040235669	0,062168854	0,011164832	30,42442489
Sulfur	16	273	0,024335458	0,026682158	0,039822794	0,010314173	42,38331335
Chlorine	17	0	0	0	0	0	1,319275406
Potassium	19	214	0,022483908	0,02465206	0,030175253	0,011113472	49,42855971
Calcium	20	110	0,013554395	0,014861463	0,017746434	0,012396971	91,46089549
Chromium	24	78579	15,74968011	17,26844226	15,89420444	0,308874406	1,961147174
Manganese	25	3750	1,003627415	1,100408513	0,95859832	0,052199892	5,201122535
Iron	26	181472	63,29377541	69,39727658	59,47002837	1,326447967	2,095700499
Nickel	28	11987	6,698354691	7,344285755	5,988469818	0,189900602	2,835033542
		Sum	91,2049846	100	100		

Attacco trattato con Gioclorex 0,5%

Lo studio è proseguito con il campione di attacco trattato con Gioclorex 0,5% (Fig. 93).

Dapprima è stata analizzata una delle alette (Figg.: 94, 95) dalla cui microanalisi (Tab. 20) è emersa la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese e tracce di silicio.

Successivamente è stato esaminato lo *slot* (Figg.: 96, 97). La microanalisi (Tab. 21) ha rilevato la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di silicio e di zolfo; inoltre, la superficie risulta non essere regolare.

Per quanto riguarda la scanalatura centrale (Figg.: 98, 99), non è stato possibile effettuare la microanalisi; è possibile, però, osservare una morfologia irregolare in maniera evidente.

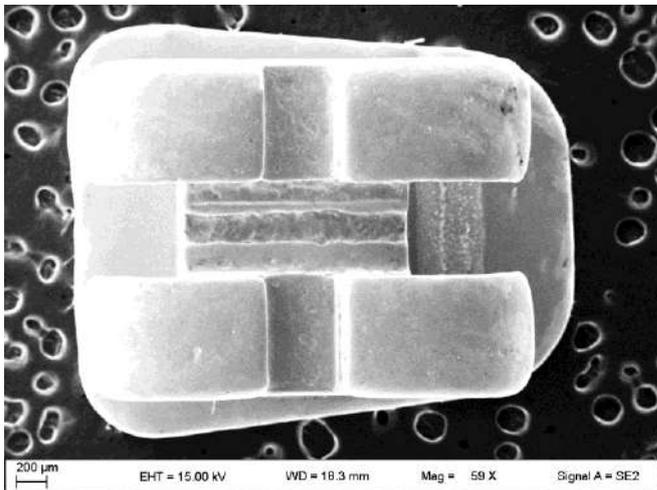


Figura 93: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, 59 X, SE.

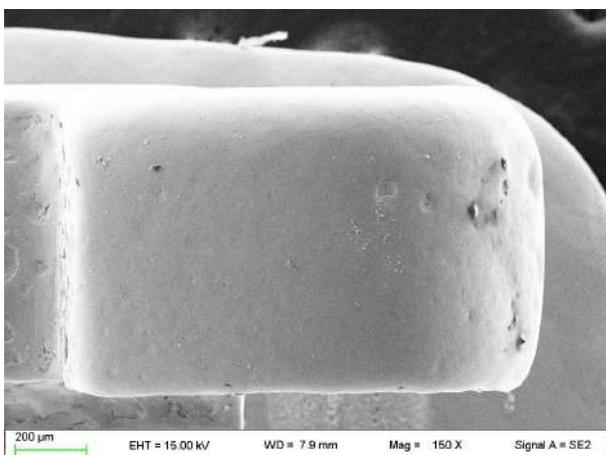


Figura 94: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, aletta, 150 X, SE.

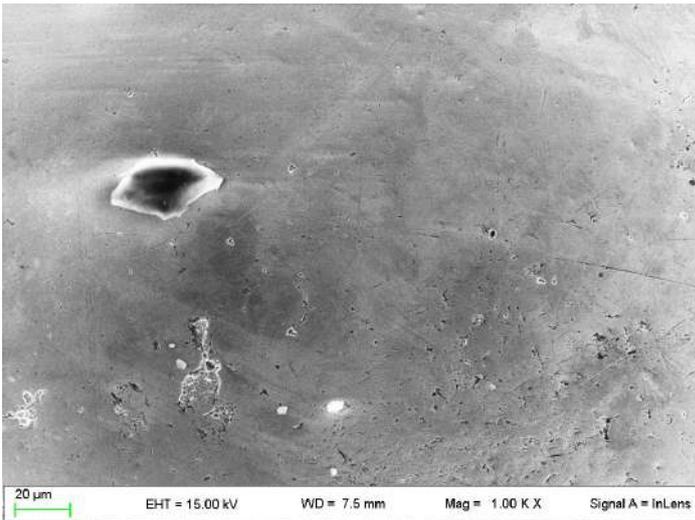


Figura 95: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, aletta, 1000 X, InLens.

Tabella 20: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'aletta dell'attacco trattato con Gioclorex 0,5%.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	4075	2,287515519	2,577148178	10,78385028	0,135602524	5,927938987
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,337095479
Sodium	11	418	0,084063065	0,094706669	0,207042527	0,021313868	25,35461668
Aluminium	13	637	0,066177088	0,074556067	0,138876859	0,013430223	20,29436939
Silicon	14	4742	0,421503169	0,474871586	0,849782242	0,021922087	5,200930516
Phosphorus	15	265	0,022810329	0,025698448	0,041699091	0,010462968	45,86943129
Sulfur	16	0	0	0	0	0	1,52112455
Chlorine	17	113	0,009661491	0,010884775	0,015430635	0,009973433	103,2287174
Potassium	19	0	0	0	0	0	1,048965272
Calcium	20	298	0,033818288	0,038100174	0,047778724	0,012314888	36,41487784
Chromium	24	88922	15,57267324	17,54439965	16,95829568	0,293887382	1,887199313
Manganese	25	3917	0,927107444	1,044492699	0,9555341	0,048551066	5,236832757
Iron	26	202754	63,29041865	71,30390406	64,16926832	1,282956729	2,02709471
Nickel	28	11795	6,045757113	6,811237694	5,832441545	0,169859908	2,809572152
		Sum	88,7615054	100	100		

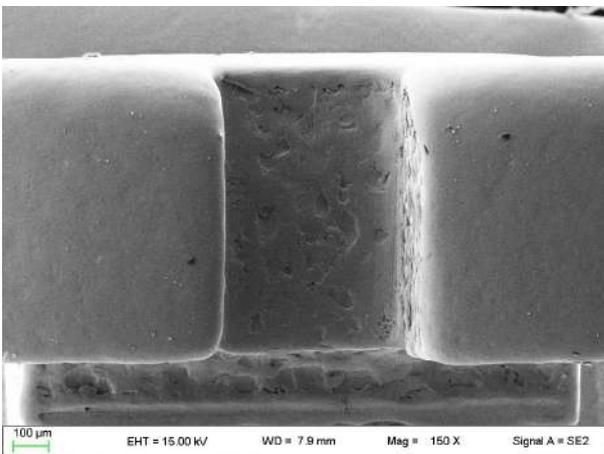


Figura 96: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, slot, 150 X, SE.

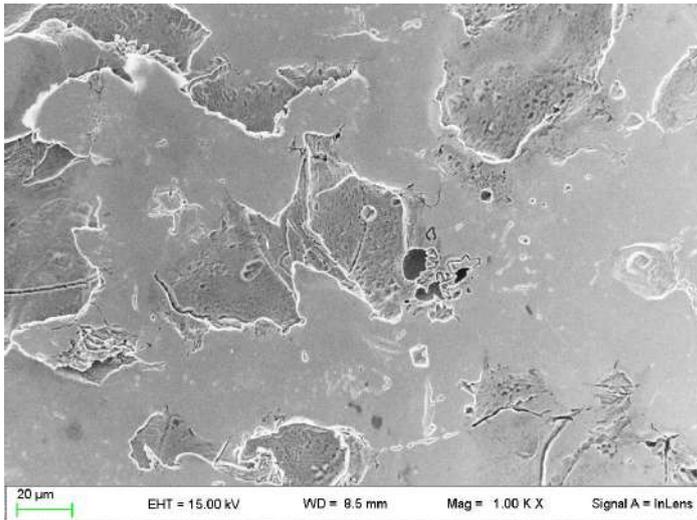


Figura 97: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, slot, 1000 X, InLens.

Tabella 21: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dello slot dell'attacco trattato con Gioclorex 0,5%.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	2279	1,351005167	1,495093496	6,479219562	0,0952533	7,050550369
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,34208263
Sodium	11	404	0,081019963	0,08966096	0,203002913	0,021248031	26,22567366
Aluminium	13	291	0,032457056	0,035918688	0,069292661	0,012902661	39,75302419
Silicon	14	5295	0,496223408	0,549146967	1,01774726	0,024268089	4,890556974
Phosphorus	15	252	0,022306648	0,024685712	0,041484441	0,010607666	47,55383235
Sulfur	16	1768	0,148422869	0,164252566	0,266625011	0,013473492	9,077773458
Chlorine	17	0	0	0	0	0	1,319275406
Potassium	19	120	0,011734812	0,012986362	0,017288731	0,010637294	90,64732782
Calcium	20	0	0	0	0	0	0,965889525
Chromium	24	88505	16,19863222	17,92625984	17,945405	0,308226346	1,902792417
Manganese	25	4219	1,038780598	1,149569338	1,089170421	0,05146014	4,953898845
Iron	26	198207	64,12308357	70,9619826	66,13927107	1,309788501	2,042616213
Nickel	28	12993	6,858921113	7,590443466	6,731492928	0,189787532	2,767017279
		Sum	90,36258742	100	100		

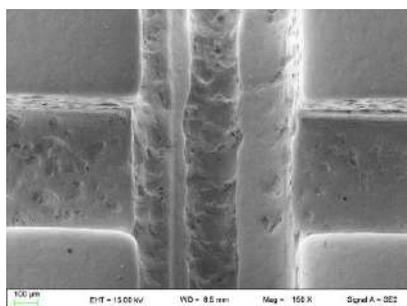


Figura 98: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, scanalatura centrale, 150 X, SE.

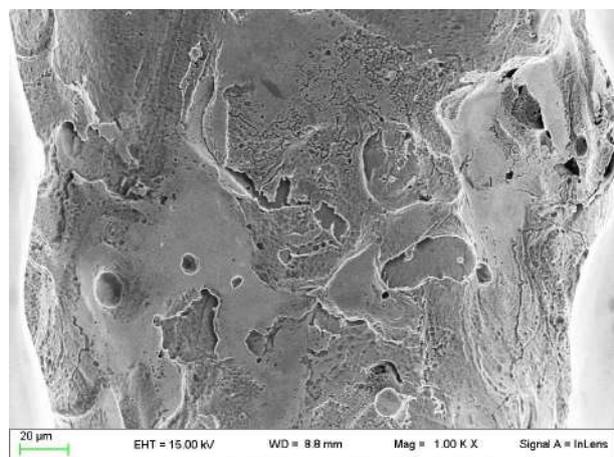


Figura 99: attacco trattato con Gioclorex 0,5%, scanalatura centrale, 1000 X, InLens.

Attacco trattato con Farmecol 70

L'ultimo campione di attacco ad essere stato analizzato è stato quello sottoposto al trattamento con Farmecol 70 (Fig. 100).

È stata analizzata l'aletta (Figg.: 101, 102) e la microanalisi (Tab. 22) ha evidenziato la presenza di ferro, cromo, carbonio, nickel, manganese, tracce di silicio e di sodio.

Successivamente siamo passati allo *slot* (Figg.: 103, 104) dove la microanalisi (Tab. 23) ha riscontrato la presenza di ferro, cromo, carbonio, nickel e tracce di silicio; la morfologia di superficie non è regolare.

Infine, ci siamo spostati sulla scanalatura centrale (Figg.: 105, 106) su cui non è stato possibile eseguire la microanalisi; la struttura è caratterizzata da importanti anfrattuosità.

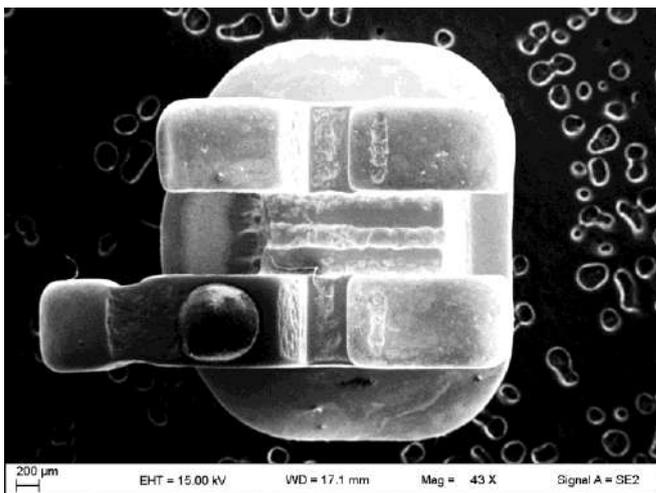


Figura 100: attacco trattato con Farmecol 70, 45 X, SE.

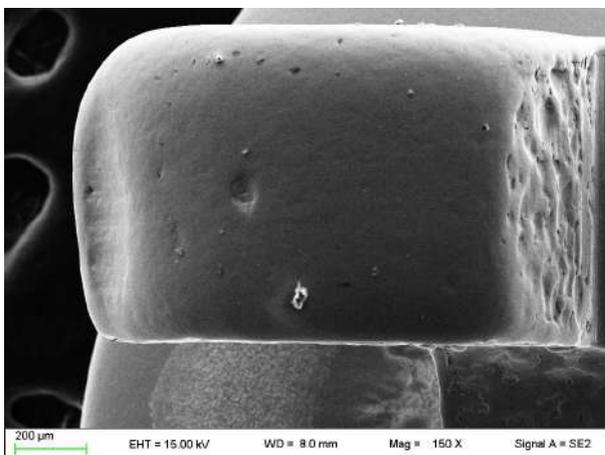


Figura 101: attacco trattato con Farmecol 70, aletta, 150 X, SE.

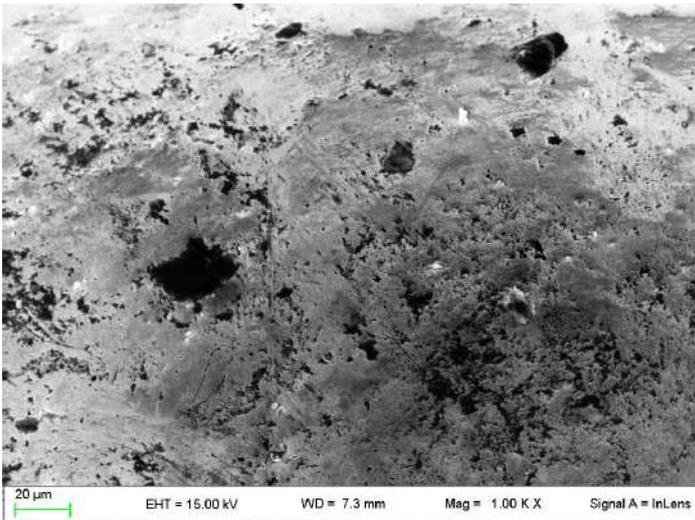


Figura 102: attacco trattato con Farmecol 70, aletta, 1000 X, InLens.

Tabella 22: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dell'aletta dell'attacco trattato con Farmecol 70.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%: Atom[%]		abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	12424	6,599688077	7,374095995	26,66473414	0,350162271	5,305739708
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,357732069
Sodium	11	799	0,10652644	0,119026261	0,224861862	0,018824342	17,67105185
Aluminium	13	885	0,068624603	0,076677019	0,12342585	0,011613929	16,9238562
Silicon	14	4418	0,303505965	0,339119379	0,5244186	0,016826737	5,544120612
Phosphorus	15	723	0,050027296	0,055897503	0,078380154	0,009579023	19,14759207
Sulfur	16	565	0,039952863	0,044640935	0,060463897	0,009371824	23,45720188
Chlorine	17	33	0,002662365	0,002974767	0,003644277	0,009347149	351,0844096
Potassium	19	673	0,060903127	0,068049505	0,075591808	0,010763251	17,6727398
Calcium	20	447	0,049012965	0,05476415	0,059346888	0,012094936	24,67701438
Chromium	24	86592	15,40121699	17,208397	14,37401586	0,293964763	1,90871126
Manganese	25	4130	0,979158091	1,094052578	0,864914119	0,049058201	5,010243182
Iron	26	193044	59,60464108	66,59865435	51,79325954	1,216158964	2,04037629
Nickel	28	12626	6,232346522	6,963650553	5,15294301	0,172999417	2,775831165
		Sum	89,49826638	100	100		

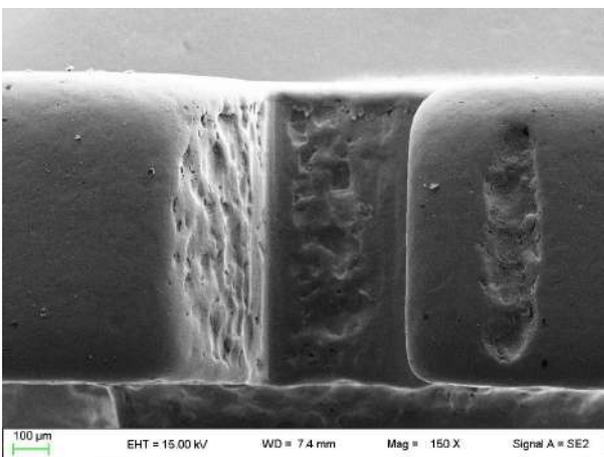


Figura 103: attacco trattato con Farmecol 70, slot, 150 X, SE.

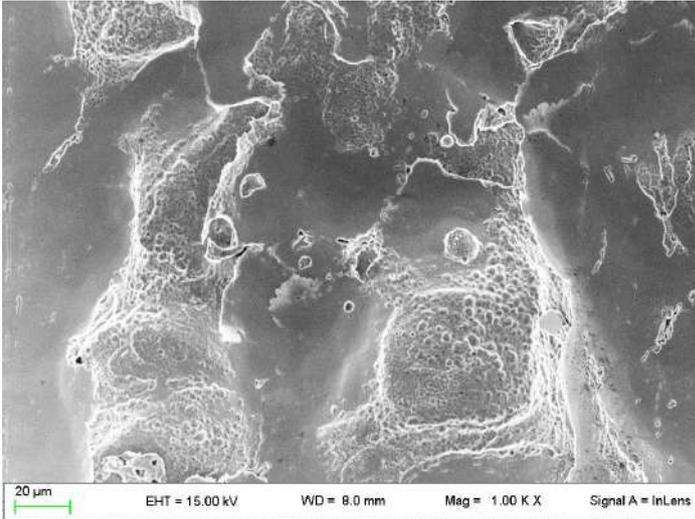


Figura 104: attacco trattato con Farmecol 70, slot, 1000 X, InLens.

Tabella 23: elementi chimici riscontrati alla microanalisi dello slot dell'attacco trattato con Farmecol 70.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	17697	8,85585242	9,942901204	33,50819209	0,459699702	5,190914219
Sodium	11	611	0,08421778	0,094555445	0,166482641	0,017874037	21,2235903
Aluminium	13	2427	0,188001759	0,211078824	0,316661286	0,015216977	8,094061189
Silicon	14	3602	0,243800235	0,273726518	0,394504311	0,015124737	6,203741632
Phosphorus	15	156	0,010458703	0,0117425	0,015345593	0,008516632	81,43105953
Sulfur	16	893	0,059600124	0,066915992	0,084469937	0,009297339	15,59953002
Chlorine	17	329	0,02465417	0,02768045	0,031603914	0,009265707	37,58271772
Potassium	19	291	0,026278739	0,029504433	0,030545444	0,010200753	38,81751493
Calcium	20	1094	0,117182271	0,1315663	0,132878789	0,014301792	12,20474066
Chromium	24	85837	14,67845856	16,48022758	12,82951707	0,279642591	1,905122324
Manganese	25	4248	0,970380714	1,089494169	0,80272928	0,047627438	4,908118763
Iron	26	193793	57,77941126	64,87178766	47,01896409	1,173708233	2,031360666
Nickel	28	12599	6,028789807	6,768818922	4,668105551	0,167039035	2,770689319
		Sum	89,06708654	100	100		

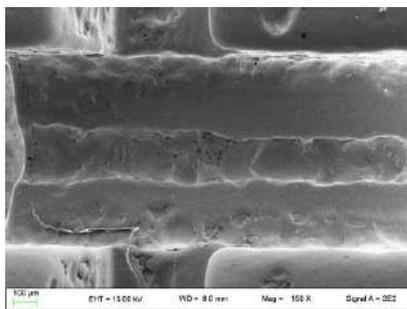


Figura 105: attacco trattato con Farmecol 70, scanalatura centrale, 150 X, SE.

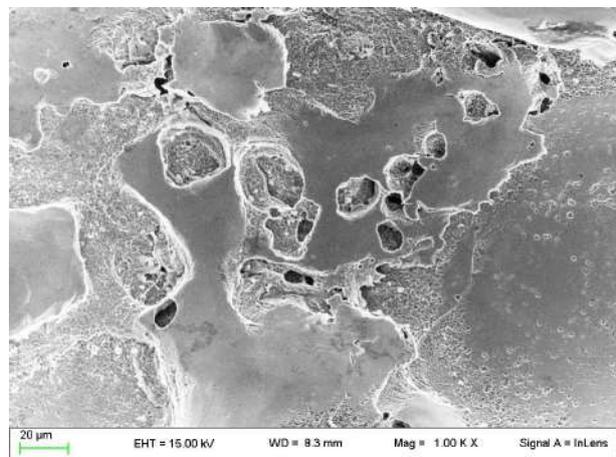


Figura 106: attacco trattato con Farmecol 70, scanalatura centrale, 1000 X, InLens.

4C. LEGATURE METALLICHE

Terminati i campioni di attacchi, siamo passati allo studio delle legature metalliche. Essendo queste componenti di dimensioni notevolmente inferiori rispetto agli archi e agli attacchi, in questo caso l'ingrandimento utilizzato per effettuare la microanalisi è stato 5000 X.

Legatura metallica al tempo zero

Il primo campione di legatura metallica ad essere analizzato è stato quello corrispondente al tempo zero (Figg.: 107, 108). La morfologia di superficie è irregolare.

Alla microanalisi (Tab. 24) si nota la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di ossigeno, di silicio e di molibdeno. La zona biancastra visibile in Figura 108 è risultata essere un accumulo di alluminio (Fig. 109) che è circondato da carbonio (Fig. 110).

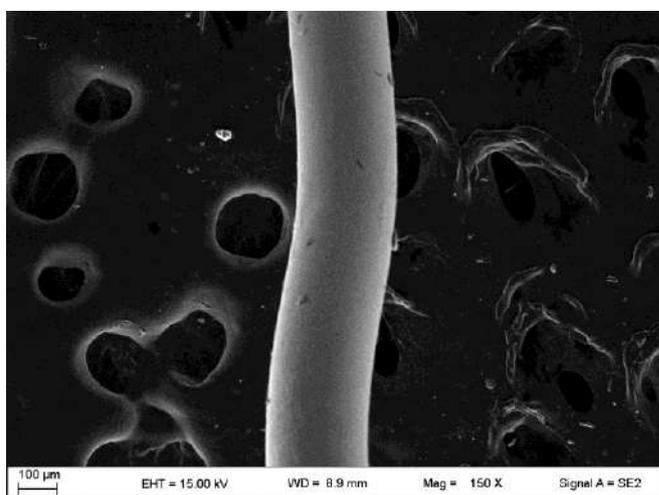


Figura 107: legatura metallica al tempo 0, 150 X, SE.

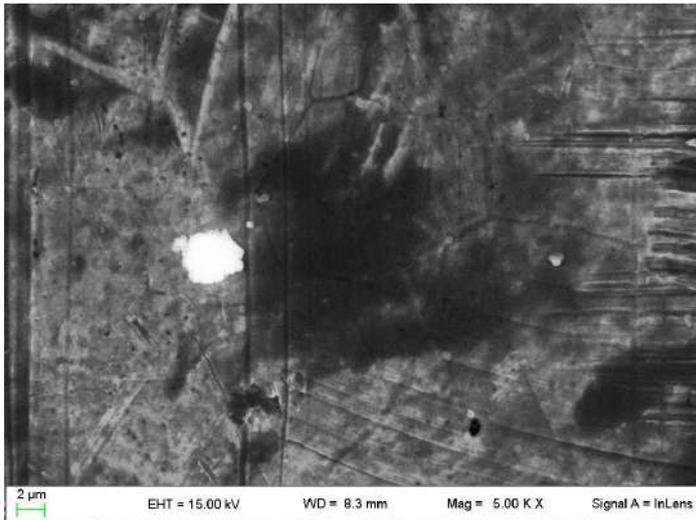


Figura 108: legatura metallica al tempo 0, 5000 X, InLens.

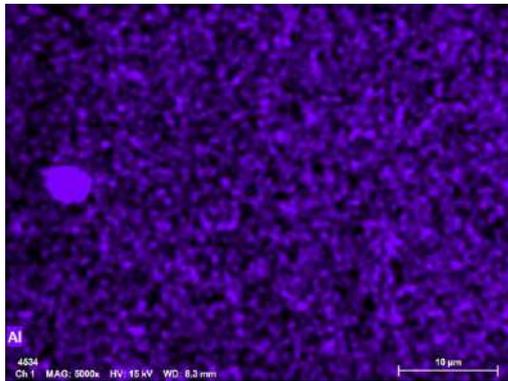


Figura 109: alluminio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

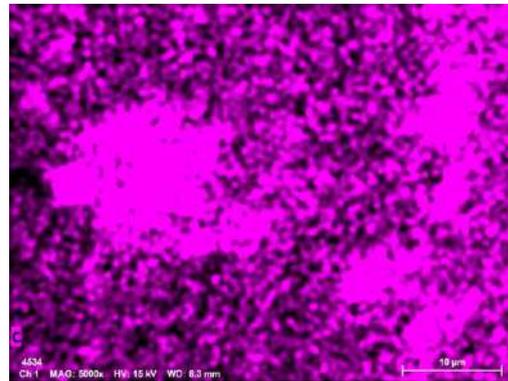


Figura 110: carbonio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

Tabella 24: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura metallica al tempo 0.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	15117	6,877681721	7,418093827	26,36483543	0,358600696	5,213976309
Oxygen	8	5322	0,877423448	0,946366774	2,525036717	0,058095783	6,621179705
Aluminium	13	689	0,059711747	0,064403582	0,101895546	0,012129838	20,31398967
Silicon	14	6826	0,496996285	0,536047643	0,814766456	0,022634747	4,55430913
Phosphorus	15	0	0	0	0	0	1,78739202
Chromium	24	103332	15,66333131	16,89407361	13,86999667	0,286754788	1,830739469
Manganese	25	4577	0,928054056	1,00097567	0,777790413	0,045423846	4,894525916
Iron	26	227817	60,47531604	65,22714875	49,85864319	1,184092892	1,957977187
Nickel	28	15854	6,807949889	7,342882834	5,340590021	0,178288763	2,618831894
Molybdenum	42	3427	0,389720215	0,420342382	0,187031767	0,026324696	6,754767983
Calcium	20	1495	0,138761759	0,149664929	0,1594138	0,013750702	9,909575869
		Sum	92,71494647	100	100		

Legatura metallica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato

È stata esaminata la legatura metallica sottoposta al trattamento con collutorio a base di clorexidina digluconato (Figg.: 111, 112). In superficie sono presenti irregolarità.

Alla microanalisi di tale campione (Tab. 25) si riscontrano: ferro, cromo, carbonio, nickel, ossigeno, tracce di manganese, di silicio e di zolfo.

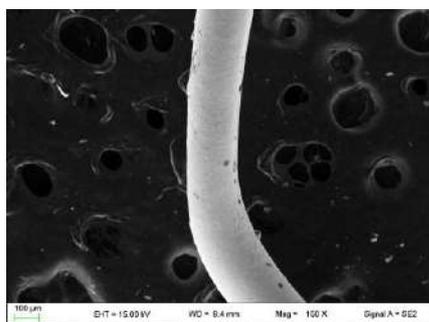


Figura 111: legatura metallica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato, 150 X, SE.

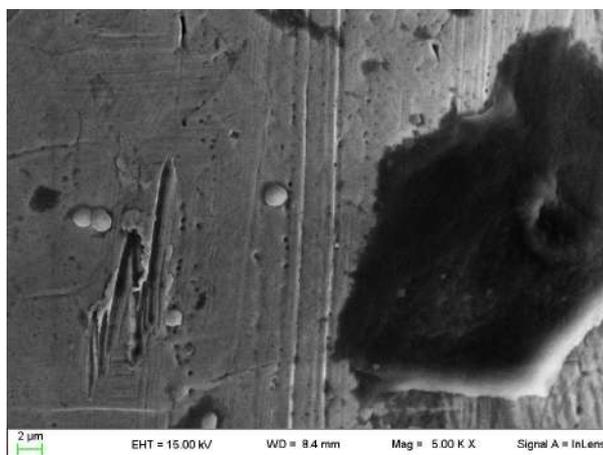


Figura 112: legatura metallica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato, 5000 X, InLens.

Tabella 25: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura metallica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	83518	8,94534729	10,3093655	33,31077651	0,359887641	4,023182432
Oxygen	8	22828	1,507845028	1,737766573	4,215214986	0,054273758	3,599425452
Aluminium	13	798	0,044163166	0,050897322	0,073208277	0,009496405	21,50299854
Silicon	14	11072	0,567403339	0,653923008	0,903600463	0,022490569	3,963770932
Phosphorus	15	900	0,046695755	0,053816089	0,067429539	0,008595929	18,40837329
Sulfur	16	5254	0,270269562	0,311481221	0,376980657	0,013239957	4,89879678
Chlorine	17	857	0,047850029	0,055146371	0,060367002	0,008622136	18,01908148
Chromium	24	116147	14,25053405	16,42350591	12,25823443	0,263187038	1,846857368
Manganese	25	5192	0,862041747	0,993488923	0,701814232	0,040564443	4,70562394
Iron	26	252304	54,33324906	62,61817513	43,51435446	1,020326541	1,877904522
Nickel	28	17143	5,818132609	6,705302056	4,433646518	0,147014062	2,526825567
Calcium	20	1003	0,075603597	0,087131901	0,084372931	0,010323582	13,65488233
		Sum	86,76913523	100	100		

Legatura metallica trattata con collutorio a base di fluoro

Siamo poi passati al campione di legatura metallica trattato con collutorio a base di fluoro (Figg.: 113, 114). Sulla superficie del campione si notano rugosità.

La microanalisi (Tab. 26) rileva elementi chimici quali ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di ossigeno, di silicio e di zolfo.

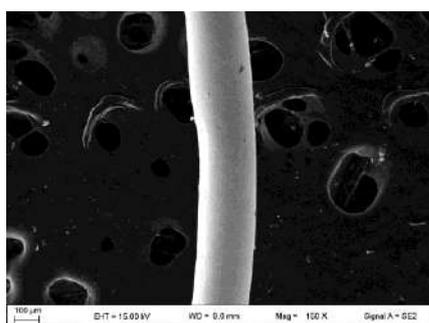


Figura 113: legatura metallica trattata con collutorio a base di fluoro, 150 X, SE.

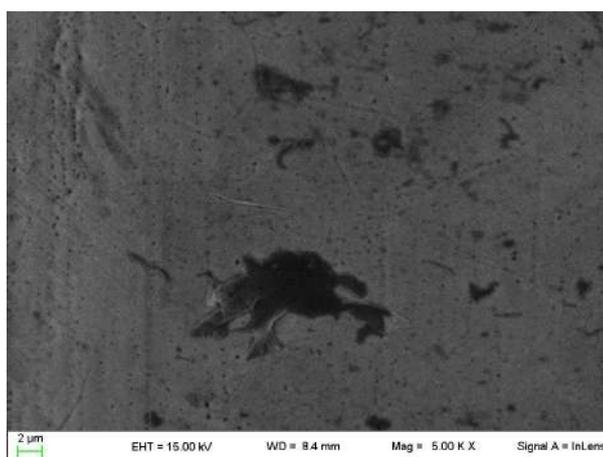


Figura 114: legatura metallica trattata con collutorio a base di fluoro, 5000 X, InLens.

Tabella 26: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura metallica trattata con collutorio a base di fluoro.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	12113	4,453821251	4,842906386	18,59699047	0,234747899	5,270707677
Oxygen	8	5041	0,618883423	0,672948983	1,939966392	0,048965222	7,911865219
Fluorine	9	0	0	0	0	0	4,362633073
Aluminium	13	1029	0,062939645	0,068438042	0,116989424	0,01052302	16,71922347
Silicon	14	10473	0,553127265	0,601448377	0,987715704	0,02226299	4,024930799
Sulfur	16	2333	0,119668399	0,130122611	0,187164614	0,010410184	8,699192008
Chromium	24	135538	16,08318715	17,48821189	15,51283714	0,286903172	1,78387013
Manganese	25	6188	0,981941261	1,067723498	0,89639973	0,042160171	4,293553225
Iron	26	298563	61,9425823	67,3538767	55,62608696	1,135346975	1,832902235
Nickel	28	21247	7,114962716	7,736524757	6,079563696	0,176036101	2,474167577
Phosphorus	15	673	0,034761955	0,037798754	0,056285861	0,008280332	23,82009938
		Sum	91,96587537	100	100		

Legatura metallica trattata con EC ster

È stata analizzata la legatura metallica trattata con EC ster (Figg.: 115, 116). Sono visibili irregolarità di superficie.

Alla microanalisi (Tab. 27) vediamo che in superficie sono presenti: ferro, cromo, nickel, carbonio, manganese, tracce di ossigeno, di silicio e di zolfo. Dunque, anche con l'EC ster sono rimasti dei residui di sostanza organica, ma in quantità inferiori rispetto a quelle osservate sul campione al tempo 0.

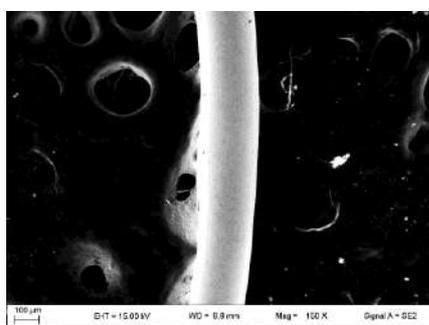


Figura 115: legatura metallica trattata con EC ster, 150 X, SE.

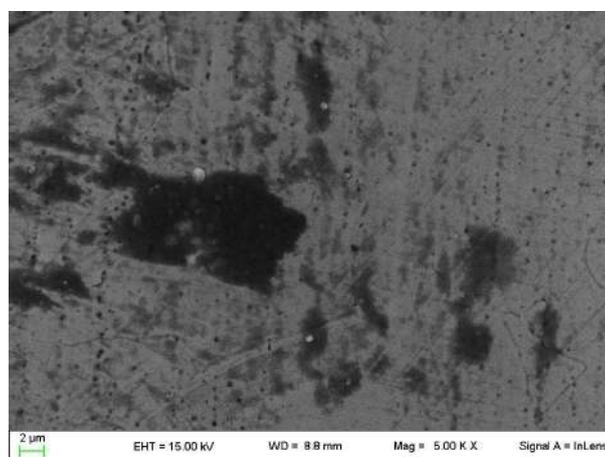


Figura 116: legatura metallica trattata con EC ster, 5000 X, InLens.

Tabella 27: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura metallica trattata con EC ster.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm. [%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	11134	4,09657432	4,591079242	17,71426955	0,216354905	5,28136164
Oxygen	8	5668	0,694601617	0,778448239	2,254829308	0,046811377	6,739312977
Aluminium	13	964	0,069011586	0,077342099	0,132842442	0,011396227	16,51349874
Silicon	14	9443	0,581517612	0,651713658	1,075380829	0,023914047	4,112351252
Sulfur	16	2728	0,150586203	0,168763737	0,243905713	0,011248356	7,469711927
Calcium	20	853	0,064501021	0,072287056	0,083587651	0,010410506	16,14006428
Chromium	24	131860	15,51413753	17,38687723	15,49670192	0,265265058	1,709827937
Manganese	25	5841	0,923048447	1,0344713	0,872636206	0,040872255	4,427964244
Iron	26	290332	60,27151159	67,54699515	56,05234838	1,102471871	1,829175746
Nickel	28	20281	6,863514945	7,692022292	6,073498004	0,166858285	2,431090869
		Sum	89,22900486	100	100		

Legatura metallica trattata con Gioclorex 0,5%

L'analisi si è poi spostata sulla legatura metallica immersa nel disinfettante Gioclorex 0,5% (Figg.: 117, 118). È evidente come la superficie sia irregolare.

In questo caso, la microanalisi (Tab. 28) ha evidenziato la presenza di ferro, cromo, nickel, carbonio (in quantità inferiori rispetto a quelle riscontrate nel campione del tempo 0), manganese, tracce di ossigeno, di silicio, di zolfo, di sodio e di calcio.

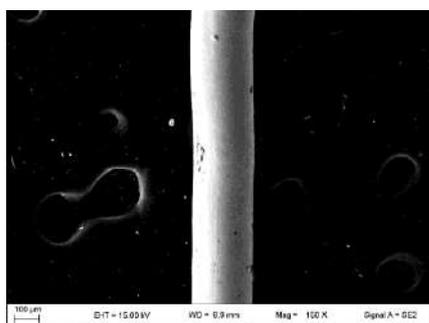


Figura 117: legatura metallica trattata con Gioclorex 0,5%, 150 X, SE.

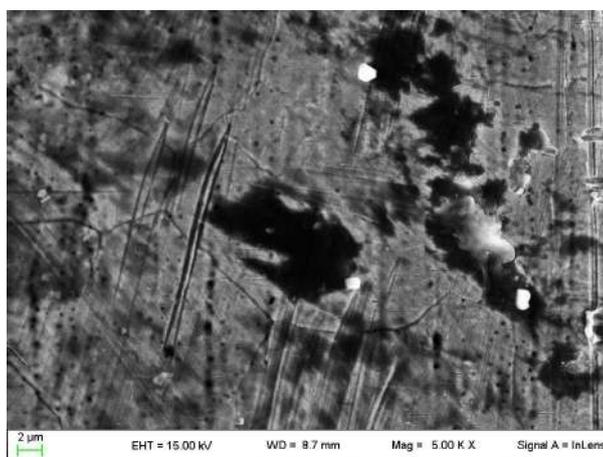


Figura 118: legatura metallica trattata con Gioclorex 0,5%, 5000 X, InLens.

Tabella 28: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura metallica trattata con Gioclorex 0,5%.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	15194	6,776795643	7,511073656	26,51972122	0,353467978	5,215857122
Oxygen	8	5408	0,865156016	0,958897229	2,541642522	0,056665432	6,549735679
Sodium	11	661	0,106015202	0,11750214	0,216749075	0,020188367	19,04289779
Aluminium	13	361	0,029990557	0,033240088	0,052244615	0,010678994	35,60785435
Silicon	14	7730	0,550350447	0,609981909	0,921045098	0,023723029	4,310531502
Sulfur	16	2325	0,155763478	0,172640731	0,228320327	0,012177061	7,817661143
Chlorine	17	620	0,044086092	0,048862899	0,058448856	0,009587539	21,74731107
Calcium	20	1033	0,095779632	0,106157528	0,112328731	0,01178707	12,30644762
Chromium	24	102670	15,05940385	16,69111739	13,61324237	0,274037653	1,819711163
Manganese	25	4688	0,923697317	1,023781585	0,790279232	0,044307355	4,796739621
Iron	26	226946	58,76635852	65,13379931	49,45983504	1,144497141	1,947537962
Nickel	28	16221	6,850663776	7,592945535	5,486142916	0,178318526	2,602937936
		Sum	90,22406054	100	100		

Legatura metallica trattata con Farmecol 70

Abbiamo esaminato il campione di legatura metallica sottoposto a trattamento con Farmecol 70 (Figg. 119, 120). La morfologia di superficie è particolarmente irregolare.

Successivamente è stata eseguita la microanalisi (Tab. 29) che ci consente di vedere che in superficie sono presenti: ferro, cromo, nickel, carbonio (in quantità inferiori rispetto a quelle evidenziate nel campione corrispondente al tempo 0), tracce di manganese, di silicio, di ossigeno e di zolfo.

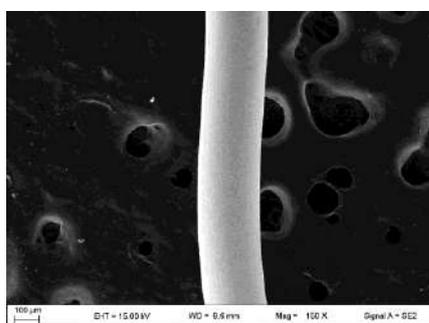


Figura 119: legatura metallica trattata con Farmecol 70, 150 X, SE.

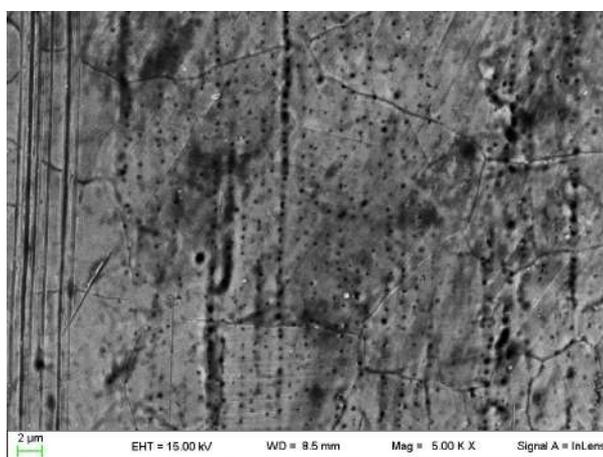


Figura 120: legatura metallica trattata con Farmecol 70, 5000 X, InLens.

Tabella 29: elementi chimici rilevati alla microanalisi della legatura metallica trattata con Farmecol 70.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	11889	4,360996147	4,787643763	18,48190966	0,231663683	5,312173527
Oxygen	8	3847	0,470734996	0,516788227	1,49765954	0,046390517	9,854911459
Aluminium	13	304	0,018856399	0,02070117	0,03557397	0,009276053	49,19312835
Silicon	14	10278	0,552361503	0,606400468	1,001109425	0,022435859	4,06180712
Sulfur	16	2756	0,139033194	0,152635174	0,220705939	0,010704166	7,699000223
Chromium	24	135482	16,07917148	17,65223872	15,74106234	0,280921641	1,747115148
Manganese	25	5947	0,9422378	1,034419379	0,873027623	0,04145379	4,399504073
Iron	26	297474	61,52523812	67,54441248	56,07816083	1,125382934	1,829140314
Nickel	28	21043	6,999938406	7,684760619	6,070790665	0,171420538	2,448886374
		Sum	91,08856805	100	100		

4D. LEGATURE ELASTICHE

L'ultima tipologia di componenti dell'apparecchio ortodontico fisso ad essere stata da noi analizzata è stata quella delle legature elastiche.

In questo caso gli ingrandimenti utilizzati per la microanalisi sono stati 500 X e 5000 X.

Va ricordato che le legature elastiche sono state precedentemente sottoposte al processo di metallizzazione con cromo, ma il metallizzatore utilizzato ha ricoperto i nostri campioni anche con dell'alluminio e del bromo, per cui se questi tre elementi (Cr, Al, Br) vengono rilevati nelle varie microanalisi bisogna comunque tener conto di questa informazione: essi potrebbero risultare presenti anche solo perché emessi dal metallizzatore.

Legatura elastica al tempo zero

Abbiamo esaminato il campione di legatura elastica al tempo zero (Figg.: 121, 122, 123). La morfologia di superficie appare essere molto irregolare, con un aspetto "a squame".

Alla microanalisi (Tab. 30) risultano essere presenti carbonio e ossigeno.

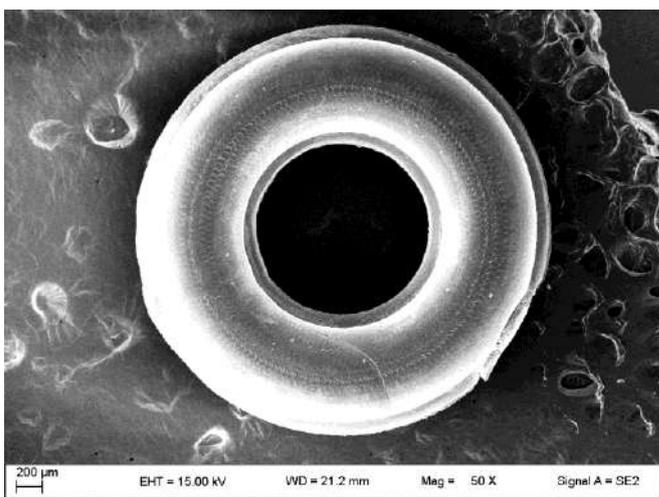


Figura 121: legatura elastica al tempo 0, 50 X, SE.

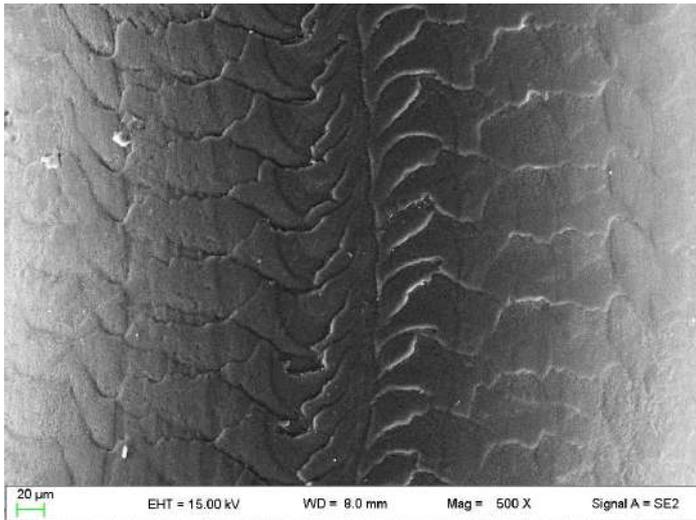


Figura 122: legatura elastica al tempo 0, 500 X, SE.

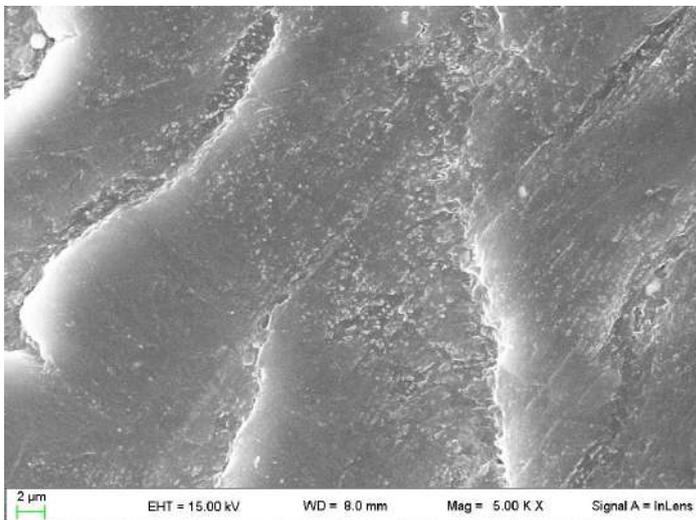


Figura 123: legatura elastica al tempo 0, 5000 X, InLens.

Tabella 30: elementi chimici rilevati alla microanalisi della legatura elastica al tempo 0.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[% Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	386424	68,03887176	68,03887176	73,94064084	2,865243545
Oxygen	8	79315	31,91668664	31,91668664	26,03870475	1,578891082
Silicon	14	791	0,044441606	0,044441606	0,020654413	0,005899194
		Sum	100	100	100	

Legatura elastica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato

È stata analizzata la legatura elastica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato (Figg.: 124, 125, 126). La superficie del campione non è regolare.

Alla microanalisi (Tab. 31) vengono rilevati carbonio e ossigeno.

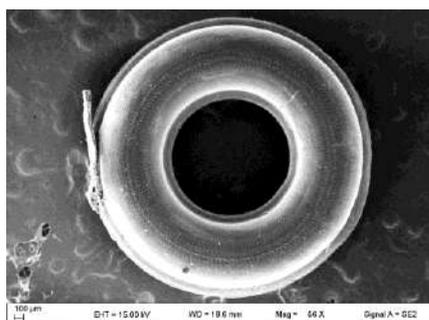


Figura 124: legatura elastica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato, 50 X, SE.

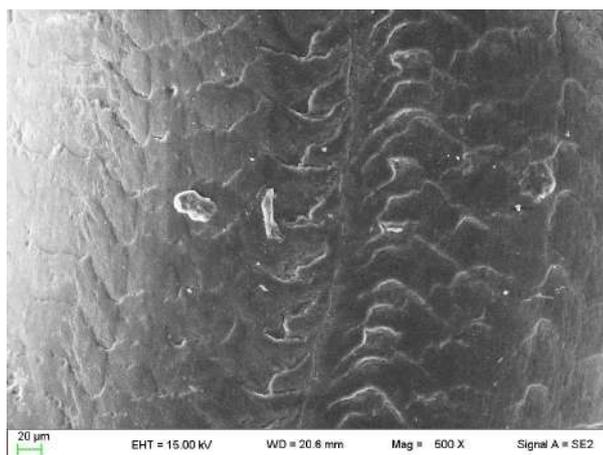


Figura 125: legatura elastica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato, 500 X, SE.

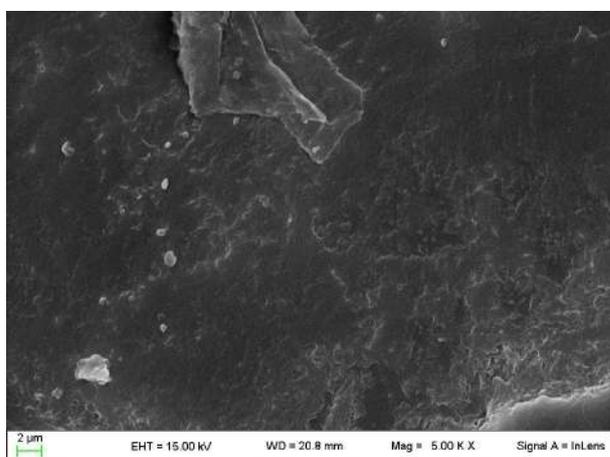


Figura 126: legatura elastica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato, 5000 X, InLens.

Tabella 31: elementi chimici rilevati alla microanalisi della legatura elastica trattata con collutorio a base di clorexidina digluconato.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	310985	61,19662334	61,19662334	67,75847298	2,617830525	4,277736878
Oxygen	8	100570	38,77642685	38,77642685	32,23141771	1,890114593	4,874390825
Chlorine	17	379	0,026949806	0,026949806	0,010109313	0,005566055	20,65341527
		Sum	100	100	100		

Legatura elastica trattata con collutorio a base di fluoro

Successivamente abbiamo analizzato la legatura elastica trattata con collutorio a base di fluoro (Figg.: 127, 128, 129). Si nota come la superficie presenti irregolarità.

La microanalisi (Tab. 32) evidenzia la presenza di carbonio, ossigeno, tracce di fluoro e di calcio.

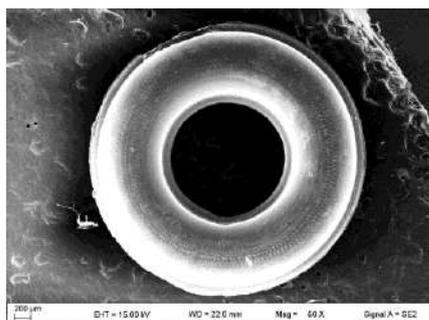


Figura 127: legatura elastica trattata con collutorio a base di fluoro, 50 X, SE.

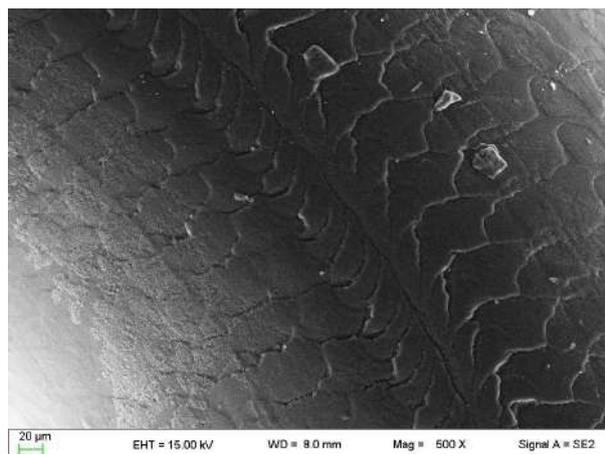


Figura 128: legatura elastica trattata con collutorio a base di fluoro, 500 X, SE.

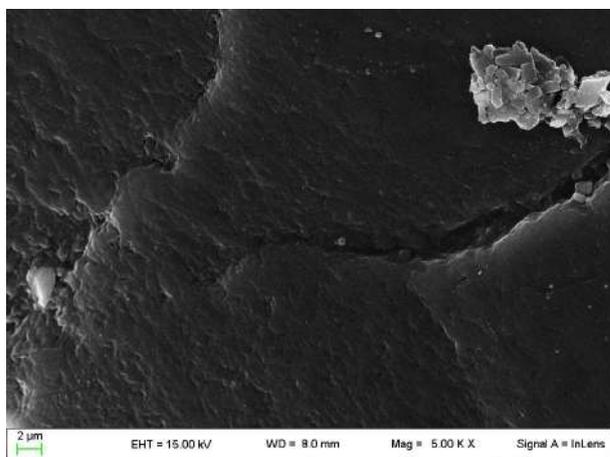


Figura 129: legatura elastica trattata con collutorio a base di fluoro, 5000 X, InLens.

Tabella 32: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura elastica trattata con collutorio a base di fluoro.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	329093	66,31233739	66,31233739	72,4963484	2,808639073	4,235469874
Oxygen	8	74924	33,18979064	33,18979064	27,23966607	1,638119111	4,935611464
Fluorine	9	562	0,221530683	0,221530683	0,153115029	0,027243376	12,29778891
Sodium	11	731	0,05702729	0,05702729	0,032572348	0,009035415	15,84402035
Phosphorus	15	1005	0,066896927	0,066896927	0,028360455	0,007166414	10,71262104
Calcium	20	1142	0,152417071	0,152417071	0,0499377	0,011155749	7,319225526
		Sum	100	100	100		

Legatura elastica trattata con EC ster

È stata esaminata la legatura elastica immersa nell'EC ster (Figg.: 130, 131, 132). Si nota l'aspetto "a squame" della superficie.

Alla microanalisi (Tab. 33) risultano essere presenti carbonio, ossigeno, bromo, sodio, zolfo e potassio.

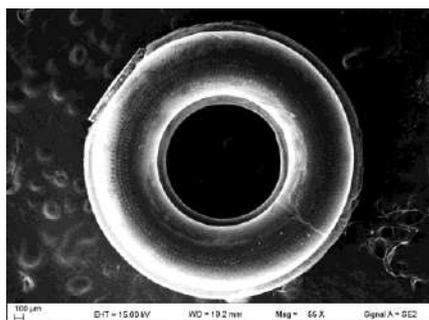


Figura 130: legatura elastica trattata con EC ster, 55 X, SE.

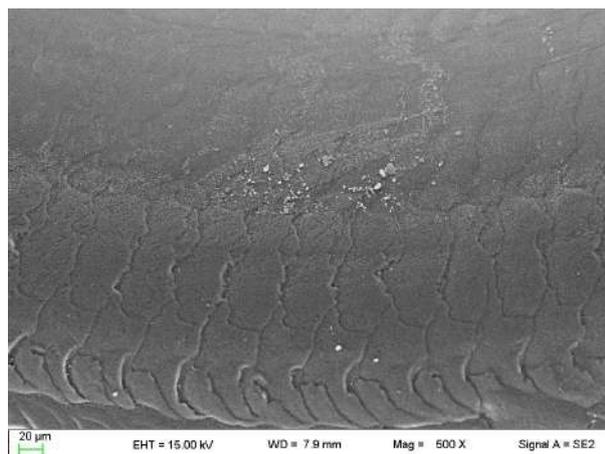


Figura 131: legatura elastica trattata con EC ster, 500 X, SE.

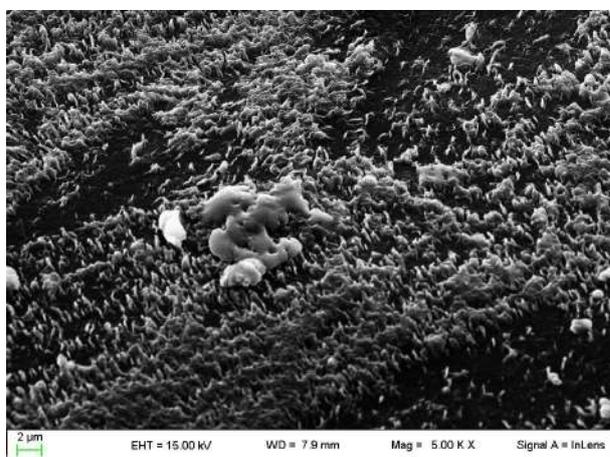


Figura 132: legatura elastica trattata con EC ster, 5000 X, InLens.

Tabella 33: elementi chimici rilevati alla microanalisi della legatura elastica trattata con EC ster.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	10381	21,90441291	52,80656197	63,0950195	1,061757339	4,847230298
Oxygen	8	5196	14,78855986	35,65185728	31,97899534	0,761125735	5,146719777
Sodium	11	918	1,783155318	4,298782267	2,683472661	0,185716209	10,41503267
Sulfur	16	2716	1,019231077	2,457134516	1,09969056	0,050727963	4,977081687
Potassium	19	2773	0,626902786	1,51132016	0,554734216	0,027769343	4,429609122
Bromine	35	983	1,358213376	3,27434381	0,58808772	0,114871315	8,457530822
		Sum	41,48047532	100	100		

Legatura elastica trattata con Gioclorex 0,5%

Abbiamo poi analizzato il campione di legatura elastica trattato con Gioclorex 0,5% (Figg.: 133, 134, 135). È evidente la morfologia di superficie irregolare.

La microanalisi (Tab. 34) evidenzia la presenza di carbonio, ossigeno, tracce di ferro e anche piccolissime quantità di silicio e cloro; in particolare il ferro (Fig. 136), il cloro (Fig. 137) e il silicio (Fig. 138) sono evidenziabili in una massa visibile in Fig. 134.

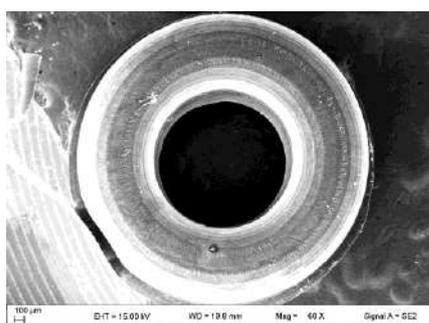


Figura 133: legatura elastica trattata con Gioclorex 0,5%, 60 X, SE.

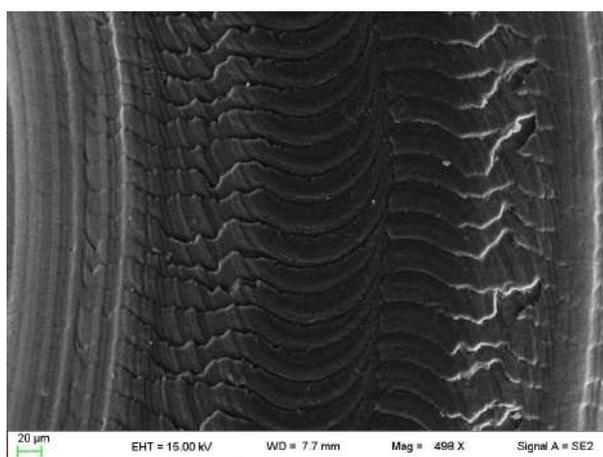


Figura 134: legatura elastica trattata con Gioclorex 0,5%, 498 X, SE.

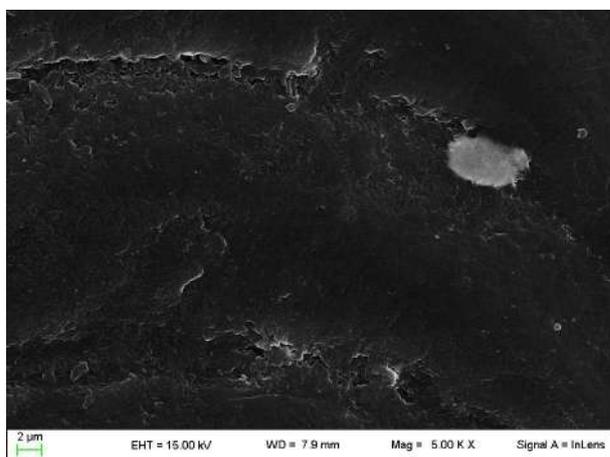


Figura 135: legatura elastica trattata con Gioclorex 0,5%, 5000 X, InLens.

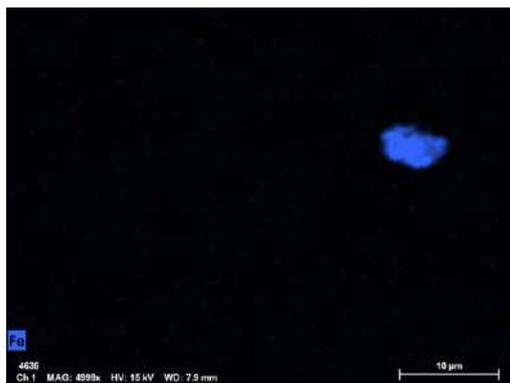


Figura 136: ferro evidenziabile con la microanalisi al SEM.

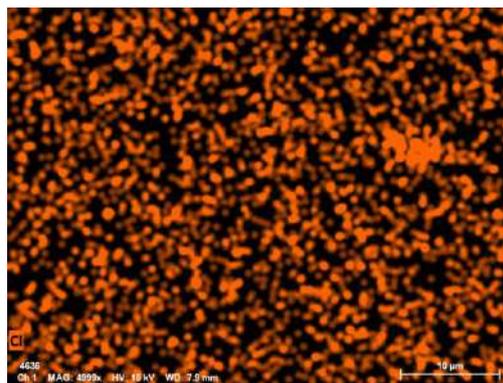


Figura 137: cloro evidenziabile con la microanalisi al SEM.

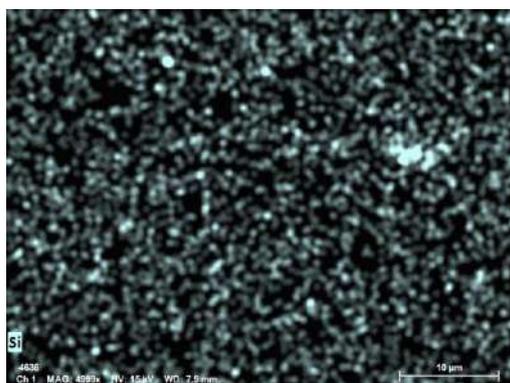


Figura 138: silicio evidenziabile con la microanalisi al SEM.

Tabella 34: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura elastica trattata con Gioclorex 0,5%.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	196493	65,74321	65,74321133	72,23698082	2,796172892	4,253173576
Oxygen	8	46500	33,39959	33,3995869	27,55023058	1,649085983	4,93744425
Silicon	14	273	0,028083	0,028082816	0,013196122	0,007384146	26,29417927
Chlorine	17	199	0,026929	0,026928949	0,010024389	0,00790486	29,35450572
Iron	26	1421	0,80219	0,802190004	0,189568091	0,044833333	5,588867119
		Sum	100	100	100		

Legatura elastica trattata con Farmecol 70

L'ultimo campione analizzato è stata la legatura elastica immersa nel disinfettante Farmecol 70 (Figg.: 139, 140, 141). È visibile un aspetto “a squame” della superficie.

Osservando l'immagine ottenuta con l'ingrandimento a 5000 X (Fig. 141) vediamo che la superficie risulta particolarmente danneggiata. Ciò probabilmente è dovuto all'acetone contenuto nel Farmecol 70: la legatura elastica è infatti realizzata con un elastomero, il quale può essere facilmente danneggiato dall'acetone.

Alla microanalisi (Tab. 35) si rilevano carbonio e ossigeno.

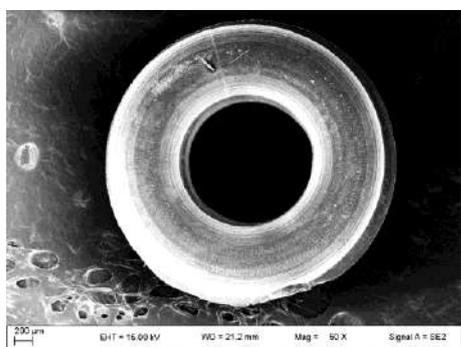


Figura 139: legatura elastica trattata con Farmecol 70, 50 X, SE.

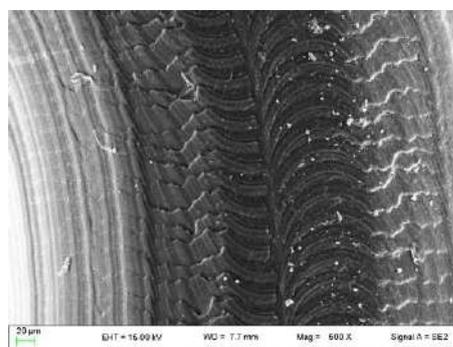


Figura 140: legatura elastica trattata con Farmecol 70, 500 X, SE.

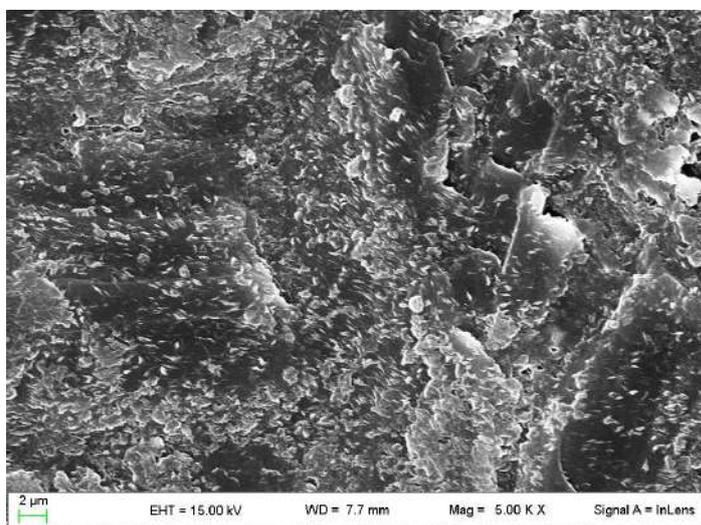


Figura 141: legatura elastica trattata con Farmecol 70, 5000 X, InLens.

Tabella 35: elementi chimici riscontrati alla microanalisi della legatura elastica trattata con Farmecol 70.

Element	At. No.	Netto	Mass[%]	Mass Norm.[%]	Atom[%]	abs. error [%](1 sigma)	rel. error [%](1 sigma)
Carbon	6	132895	65,07583789	65,07583789	71,28532866	2,762245178	4,244655571
Oxygen	8	33269	34,9095869	34,9095869	28,70784336	1,724176098	4,938975943
Silicon	14	101	0,014575217	0,014575217	0,006827983	0,007674472	52,65425439
		Sum	100	100	100		

5. DISCUSSIONE

Nella tabella che segue (Tab. 36) sono riassunti i risultati deducibili dal nostro studio relativi all'eventuale danneggiamento di superficie delle componenti dell'apparecchio ortodontico fisso in seguito al trattamento con specifici colluttori, disinfettanti/sterilizzanti.

Tabella 36.

DANNEGGIAMENTO DI SUPERFICIE AL TERMINE DEGLI ESPERIMENTI					
	Collutorio a base di clorexidina digluconato¹	Collutorio a base di fluoro²	EC ster³	Gioclorex⁴	Farmecol⁵
Arco	- C	- C	-	-	-
Attacco	- C	- C	-	-	-
Legatura metallica	- C	- C	-	-	-
Legatura elastica	- C	- C	+*	-	++**

LEGENDA

1: tempo d'azione: per attacchi: 3 ore; per archi e legature metalliche: 15 minuti; per legature elastiche: 7,5 minuti.

2: tempo d'azione: per attacchi: 3 ore; per archi e legature metalliche: 15 minuti; per legature elastiche: 7,5 minuti.

3: tempo d'azione pari a 1 minuto.

4: tempo d'azione pari a 5 minuti.

5: tempo d'azione pari a 10 minuti.

+++ : danneggiamento di superficie molto evidente. ++ : danneggiamento di superficie moderato. + : piccolo danneggiamento di superficie. - : non è visibile alcun danneggiamento di superficie.

C: deposito di Carbonio in seguito all'immersione, probabilmente per gli eccipienti.

*: causa dubbia. **: la probabile causa è la presenza di acetone.

In particolare, si noti come i collutori non determinino danni superficiali, ma generino depositi di Carbonio sulla superficie delle varie componenti probabilmente a causa degli eccipienti contenuti nelle soluzioni e, in particolare, per le sostanze a base carboidratica utilizzate come edulcoranti al fine di migliorare i caratteri organolettici; va notato però che il nostro è stato uno studio *in vitro* “spinto”: come riportato nel paragrafo “Metodi” del Capitolo 3 (vedi pagina 22) è stata fatta una media considerando i tempi d'azione di ciascun presidio e i tempi medi di permanenza di ciascun componente nel cavo orale. Andrebbero invece considerate le condizioni ambientali esistenti nel cavo orale. Infatti, in esso sono presenti meccanismi quali la *clearance* dovuta alla saliva e il movimento di lingua e mucose che vanno in parte a neutralizzare l'eventuale pericolo rappresentato da tali depositi.

Per quanto riguarda, invece, lo sterilizzante (EC ster) e i disinfettanti (Gioclorex 0,5% e Farmecol 70), si noti come essi non causino danni di superficie su archi, attacchi e legature metalliche, ma il discorso cambia se si analizzano le legature elastiche: in questo caso, mentre il Gioclorex sembra non apportare danni alla struttura, l'EC ster provoca danni moderati (come si evidenzia in Fig. 132) e il Farmecol (probabilmente per l'acetone in esso contenuto) determina un deterioramento superficiale evidente (visibile in Fig. 141).

CONCLUSIONI

Dal nostro studio emerge la necessità di effettuare sterilizzazione o disinfezione spinta dei componenti ortodontici prima del posizionamento nel cavo orale, in quanto si è visto che, appena estratti dalle confezioni dei produttori, essi non risultano essere sterili.

Inoltre, la morfologia superficiale dei componenti risulta essere irregolare. In particolare, sono i *brackets* a presentare maggiori scabrosità, soprattutto a livello di *slot* e scanalatura centrale, zone queste che non sono facilmente raggiungibili per essere adeguatamente pulite. Di conseguenza, ciò facilita accumuli di biofilm orale, motivo per il quale è fondamentale che l'operatore si impegni nell'attività d'istruzione alle manovre d'igiene orale e tenga conto, qualora fosse necessario, della possibilità di intervenire con adiuvanti chimici. Il nostro lavoro, infatti, evidenzia l'opportunità di prevenire danni mucosi e dentari grazie all'igiene orale comprensiva dell'uso di collutori a base di clorexidina e di fluoro. La clorexidina rappresenta un ottimo disinfettante, utile a prevenire patologie parodontali; il fluoro è un elemento centrale per la prevenzione di processi cariosi. Essi sono molto importanti per i pazienti che sono sottoposti a un trattamento di ortodonzia fissa poiché gli apparecchi ortodontici fissi ostacolano le corrette manovre di igiene orale.

Dal nostro studio si evince che le componenti a base di leghe metalliche (acciaio, nichel-titanio) non vengono attaccate *in vitro* né dalle soluzioni disinfettanti/sterilizzanti né dai collutori. Per cui, tali presidi possono essere utilizzati in piena tranquillità e consentono di rispettare l'obbligo del professionista sanitario di operare garantendo il mantenimento dello stato di salute dei pazienti.

Attenzione invece va posta alla disinfezione delle legature elastiche, sulle quali il solo disinfettante a base di clorexidina non ha mostrato effetti di danneggiamento superficiale e dunque tale principio può essere impiegato in sicurezza su questa tipologia di componenti.

I risultati ottenuti da tale lavoro offrono spunti per approfondimenti e indagini future: sarebbe possibile effettuare: ulteriori studi *in vitro* con l'aggiunta di campioni salivari; studi *in vivo*; coltura degli eventuali microrganismi presenti sulla superficie dei campioni appena prelevati dalle confezioni e in seguito al trattamento con disinfettanti/sterilizzanti; studio sulla realizzazione delle componenti dell'apparecchio ortodontico fisso tramite l'impiego di una stampante 3D.

BIBLIOGRAFIA

- [1] «Ortodonzia moderna» [Online]. Available: <https://www.ortodonziamoderna.it/it/lortodonzia>. [Consultato il giorno 26 02 2024].
- [2] M. Hemanth, K. Karthik, K. Nirav, B. K. Sharmanda e J. P. Darsan, «Assessing microbial contamination of as received orthodontic brackets and wires- an in vitro study» *International Journal of Advanced Research*, 2018.
- [3] H. Starnbach e P. Biddle, «A pragmatic approach to asepsis in the orthodontic office» *The Angle Orthodontist*, 1980.
- [4] H. Abutayyem, M. K. Alam, B. Kanwal, H. J. Alswairki e Y. A. Alogaibi, «Sterilizing orthodontic appliances: A systematic review and meta-analysis on the available methods» *Journal of Orthodontic Science*, 2023.
- [5] B. Sureshchandra, M. Malik e R. Naik, «Endodontic files: Are routine sterilization procedures effective?» *Endodontology*, 2011.
- [6] S. Rastogi, «Assessment of microbial contamination if "As received" and "bend-top exposed" orthodontic materials: A vitro microbiologic investigation» *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 2017.
- [7] M. Andrucoli, P. Nelson-Filho, M. Matsumoto, M. Saraiva, M. Feres e L. De Figueiredo, «Molecular detection of in-vivo microbial contamination of metallic orthodontic brackets by checkboard DNA-DNA hybridization» *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2012.
- [8] H. Saad, G. Nidhal e B. Al-Ghurabi, «Evaluation of microbial contamination of different orthodontic as received arch wires from manufacturers» *International Journal of Medical Research and Health Sciences*, 2017.
- [9] F. Azeredo, L. Menezes, R. Medina-Silva, S. Rizzato, G. Garcia e K. Revers, «Microbiological analysis of orthodontic pliers» *Dental Press Journal of Orthodontics*, 2011.
- [10] D. Dos Santos Gerzon, D. Simon, A. Dos Anjos e M. Freitas, «In vitro evaluation of microbial contamination of orthodontic brackets as received from manufacturer using microbiological and molecular tests» *The Angle Orthodontist*, 2015.
- [11] R. Ganavadiya, B. Chandra Shekar, V. Saxena, P. Tomar, R. Gupta e G. Khandelwal, «Disinfecting efficacy of three chemical disinfectants on contaminated diagnostic instruments: A randomized trial» *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*.
- [12] A. Aksoy, G. Klc, E. Hussein e D. Aboukhalil, «Sterilization and disinfection in orthodontics» *Principles in Contemporary Orthodontics*.

- [13] A. S. Nair, M. Tilakchand e B. D. Naik, «The effect of multiple autoclave cycles on the surface of rotary nickel-titanium endodontic files: An in vitro atomic force microscopy investigation» *Journal of Conservative Dentistry*, 2015.
- [14] R. Ganavadiya, R. Gupta, G. Khandelwal, V. Saxena, P. Tomar e B. Chandra Shekar, «Disinfecting efficacy of three chemical disinfectants on contaminated diagnostic instruments: A randomized trial» *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*, 2014.
- [15] A. Abreu, R. Tavares, A. Borges, F. Mergulhao e M. Simoes, «Current and emergent strategies for disinfection of hospital environments» *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 2013.
- [16] K. Purmal, S. Chin, J. Pinto, W. Yin e K. Chan, «Microbial contamination of orthodontic buccal tubes from manufacturers» *International Journal of Molecular Sciences*, 2010.
- [17] I. Karamani, E. Kalimeri, K. Seremidi, S. Gkourtsogianni e D. Kloukos, «Chlorexidine Mouthwash for Gingivitis Control in Orthodontic Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis» *Oral Health & Preventive Dentistry*, 2022.
- [18] «my Personal Trainer» [Online]. Available: <https://www.my-personaltrainer.it/benessere/clorexidina.html>. [Consultato il giorno 26 02 2024].
- [19] G. B. Anderson, J. Bowden e R. G. C. E C Morrison, «Clinical effects of chlorexidine mouthwashes in patients undergoing orthodontic treatment» *American Journal of Orthodontic and Dentofacial Orthopedics*, vol. 111, n. 6, 1997.
- [20] S. Eramo, S. Pagano, G. Barraco e al, *Materiali e tecnologie odontostomatologiche*, 2011.
- [21] V. Katic, L. Curkovic, M. U. Bosnjak, K. Peros, D. Mandic e S. Spalj, «Effect oh pH, fluoride and Hydrofluoric acid concentration on ion release from NiTi wires with various coatings» *Dental Materials Journal*, 2017.
- [22] «ReadkonG» [Online]. Available: <https://it.readkong.com/page/slides/microscopio-elettronico-a-scansione-elettronico-a-scansione-6402421>. [Consultato il giorno 12 04 2024].
- [23] «polifab» [Online]. Available: <https://www.polifab.polimi.it/equipment/sem-with-edx-ebl-leo-1525-raith-elphy-plus/>. [Consultato il giorno 12 04 2024].