

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

1

Per la produzione delle **protesi fisse** ci si avvale di una serie di **strumenti e attrezzature specifiche**, che per la maggior parte servono per la lavorazione di **strutture** (in metallo o altri materiali) e **rivestimenti estetici** (soprattutto resine composite e ceramiche dentali).

Oltre a queste, se ne impiegano però anche altre che sono **comuni** alla lavorazione di altri dispositivi, per esempio tutta la serie degli strumenti utilizzati per la preparazione dei modelli, per la modellazione, per la rifinitura, o – per fare un solo esempio – il **miscelatore sottovuoto**, che con tazze diverse viene impiegato sia per i **gessi** sia per la preparazione delle **masse refrattarie** utilizzate nella realizzazione dei **cilindri di fusione**.

■ Scaldacera per cappette

È una piccola attrezzatura alimentata elettricamente che serve a riscaldare la cera ad una **temperatura predeterminata**.

Immergendo il **moncone isolato** nella **cera liquida**, un sottile strato di cera si solidificherà sul moncone a causa della diversa temperatura, formando una pellicola di cera solidificata perfettamente aderente alla forma del moncone, e creando così una **cappetta in cera** sulla quale si potranno eseguire le successive fasi di modellazione.



Foto: Renfert

Scaldacera ad immersione: al suo interno, una cera a bassa retrazione.

Il moncone isolato è velocemente immerso e poi estratto dalla cera liquida.

La temperatura della cera, la durata dell'immersione o la ripetizione dell'operazione permettono di influenzare lo spessore della cappetta, rendendola più o meno spessa.



Alcuni scaldacera permettono di gestire più di un tipo di cera (per cappette, chiusure, modellazioni ecc.).



Foto: Kerr

Lo spessore delle cappette – e delle modellazioni in genere – può essere verificato con il **calibro per cera**, uno **spessimetro** molto simile all'analogo strumento per materiali rigidi, ma caratterizzato da terminali più grandi e arrotondati, così da non danneggiare il modello in cera durante la misurazione.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

2

■ Cilindri e tettarelle

Dopo la modellazione, il modellato in cera viene **messo in cilindro e fuso**. Per la realizzazione dei cilindri, a seconda del tipo di **rivestimento**, del **metallo** utilizzato e – soprattutto – della **tecnica** scelta dall'odontotecnico, potranno essere utilizzati **cilindri in metallo, gomma, plastica** e in alcuni casi persino di **carta**. Per ognuno di essi è in genere disponibile un'apposita **tettarella**.

Nel caso dei cilindri in metallo, il cilindro verrà rivestito internamente di uno strato di **liner**, un nastro spaziatore che ha la funzione di favorire l' **espansione della massa refrattaria** creando una sottile intercapedine ammortizzante tra cilindro e rivestimento. Per molti anni, in passato, questo nastro era composto da fibre di amianto, materiale la cui pericolosità è oggi

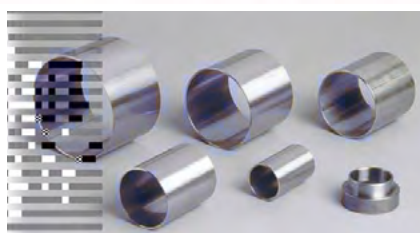
nota a tutti. Dalla fine degli anni ottanta il **nastro di amianto** è stato quindi sostituito da **nastri in materiali ceramici amorfi** (silicato di calcio) che non rappresentano un pericolo per l'operatore.

I **cilindri** sono disponibili in varie **forme e misure**, che dipendono dalla tecnica prescelta e dalle dimensioni del modellato da fondere: si va dal piccolo cilindro **1X**, per la fusione di un singolo elemento, al grande cilindro **9X**, nel quale trovano posto un'intera arcata o uno scheletrato, passando per le misure intermedie **3X** e **6X**.

I cilindri servono da contenitore per la colata della massa refrattaria, la quale, una volta che ha effettuato la presa, viene posta (con o senza il cilindro, a seconda della tecnica usata) all'interno del **forno da preriscaldamento**.



Il modellato in cera, ancora sul modello, è collegato ad una barra in cera a sua volta fissata alla tettarella.



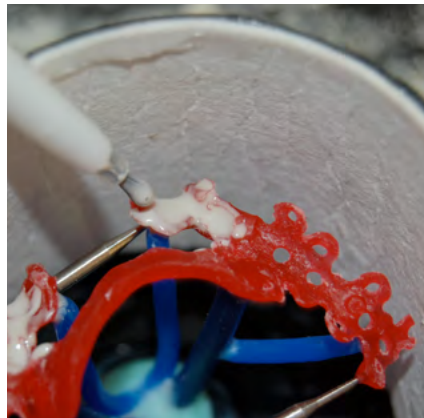
Vari tipi di cilindri e tettarelle: in metallo, gomma, materiale plastico, di forma cilindrica ed ellittica ecc. Nelle procedure ad espansione libera è richiesta la rimozione del cilindro durante la fase finale di presa per permettere l'espansione libera della massa refrattaria.



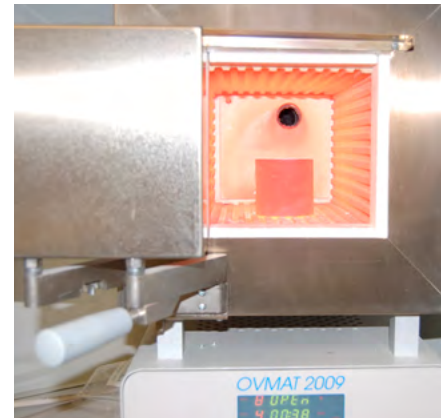
Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe



Nei cilindri in metallo va posto il liner, che fa da spaziatore per permettere l'espansione del rivestimento.



Messa in rivestimento. Si noti all'interno del cilindro il sottile strato di liner che lo riveste.



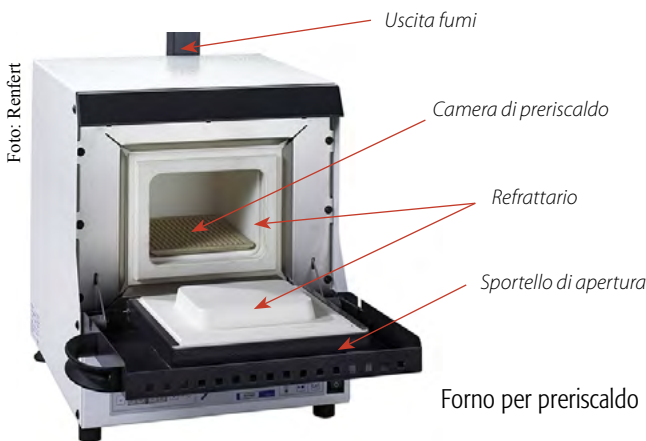
Indurito il rivestimento, il cilindro è inserito nel forno per il preriscaldamento.

Forno per preriscaldamento

I forni per preriscaldamento servono a portare il cilindro alla temperatura utile per la successiva fusione, con un ciclo di incrementi di temperatura e stazionamenti che dipendono dalle indicazioni dei produttori del rivestimento e della lega. Attualmente, grazie all'elettronica, tempi e temperature del forno vengono gestiti con estrema precisione, attraverso una programmazione che in genere prevede di indicare per ogni step la velocità di salita (ossia l'incremento termico, generalmente espresso in °C/min), la temperatura da raggiungere e il tempo di permanenza a quella temperatura. Le indicazioni vanno date per ogni step fino alla temperatura finale, per la quale va indicato anche il tempo di permanenza prima della fusione.

Le pareti del forno racchiudono un pirometro e delle resistenze elettriche: il primo trasmette la temperatura della camera del forno alla centralina elettronica del pannello di comando; le seconde permettono alla camera del forno di riscaldarsi, fino a raggiungere temperature che possono arrivare anche a 1200 °C.

Nel pannello di comando del forno si possono impostare vari parametri, tra i quali – oltre a quelli già descritti – in genere c'è anche l'orario di partenza del ciclo termico: per esempio, è possibile realizzare il cilindro a fine pomeriggio ed impostare il forno in modo che inizi il riscaldamento durante la notte (unitamente all'accensione delle ventole di aspirazione dei fumi), in modo da far trovare, al mattino successivo, il cilindro già pronto alla temperatura ideale per la fusione.



Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

4

Link

Esempio di guida rapida per la programmazione e gestione del ciclo termico di un forno.

Nel caso nel forno siano presenti più cilindri di dimensione e aspetto simile, ma da fondere in leghe diverse o che necessitano di quantità differenti della stessa lega, essi dovranno essere differenziati tramite sigle realizzate con matite dotate di "mine" in materiale resistente alle alte temperature, oppure incidendo le sigle sulla loro superficie.

La stessa procedura descritta fin qui può essere accomunata a quella utilizzata per la **pressofusione delle ceramiche termopressabili**.



Foto: Renfert



Una volta completato il ciclo di preriscaldamento, i cilindri vengono "fusi", cioè vengono spostati dal **forno** alla **fonditrice** per procedere alla **colata** della **lega fusa** al loro interno, nella cavità lasciata libera dalla **cera**, che nel forno si è liquefatta e volatilizzata (**calcinata**). Per spostarli (e in genere per muoverli), poiché sono a temperature molto elevate, sono necessarie le apposite **pinze per cilindri**.



Pinze per cilindri e loro impiego.

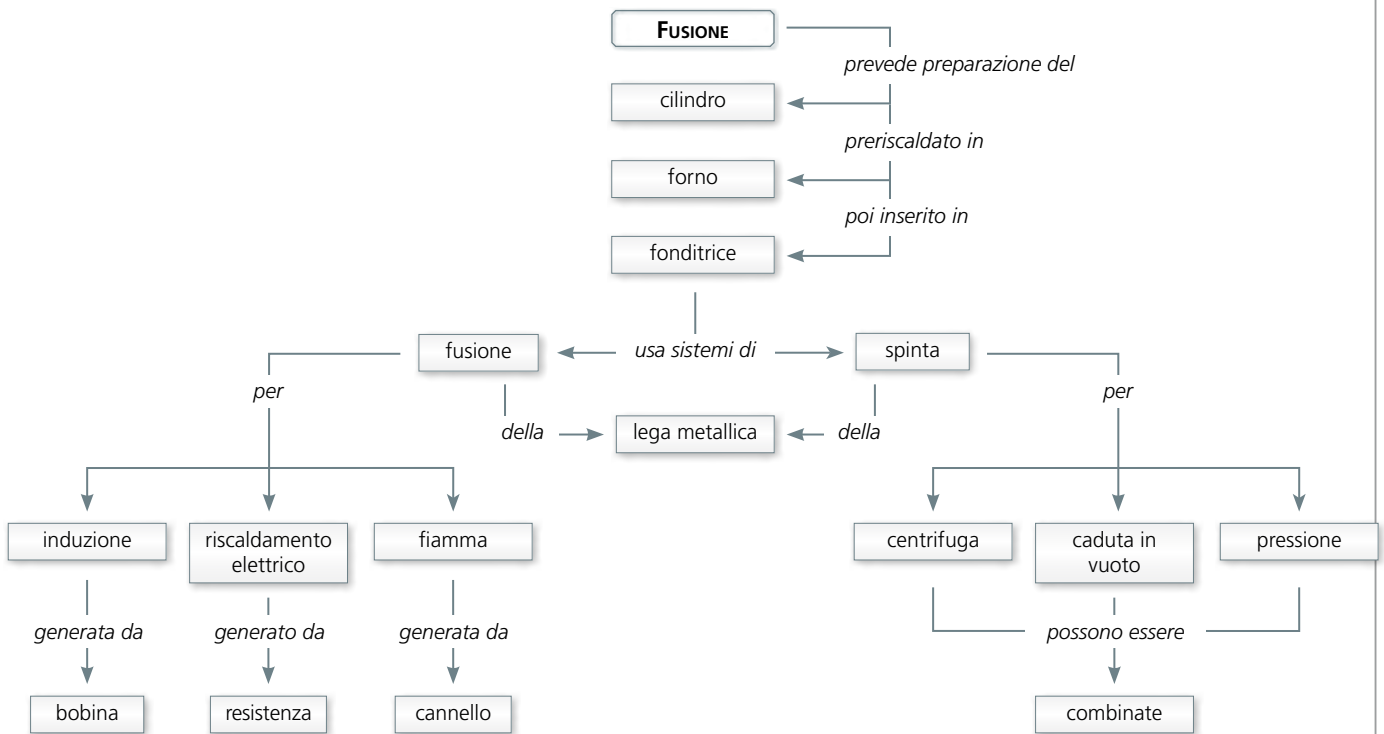
Fonditrice

Le **fonditrici** sono le attrezzature attraverso le quali le leghe vengono colate all'interno della cavità della massa refrattaria lasciata libera dalla cera.

Per molti anni la **fusione a cera persa** è stata il più diffuso sistema, se non l'unico, per ottenere dispositivi in metallo, fatta eccezione per alcuni procedimenti per capillarità o elettrodeposizione. Attualmente, invece, l'avvento dei sistemi CAD CAM ha rivoluzionato il processo di realizzazione dei dispositivi metallici, che possono essere ottenuti per **fusione**, per **fresaggio da pieno** (cioè, partendo da un blocco di materiale si ottiene il manufatto per sottrazione, tramite fresatura) oppure per **laser-melting**.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

5



Fusione a cannello, a resistenza elettrica e a induzione

Attualmente, la fusione del metallo può avvenire per riscaldamento tramite fiamma (generata da un cannello), per il calore generato da una resistenza elettrica o per induzione elettromagnetica. La colata del metallo può avvenire per forza centrifuga, per compressione, per aspirazione, o per il concorso di più di una di queste azioni.

Cannello e **resistenza elettrica** sono sempre meno utilizzati; in particolare, il sistema a **resistenza** è ormai limitato quasi esclusivamente alle **leghe a ad alto contenuto d'oro** che hanno un **intervallo di fusione meno elevato**. Il sistema a **induzione** è invece il più utilizzato, sebbene il procedimento di **fusione** nel suo complesso sia sempre più spesso **abbandonato** a favore delle **tecniche digitali CAD CAM**.

Fusione a cannello (fiamma)

È la tecnica meno recente, ma ancora utilizzata in alcuni laboratori. La fiamma è ottenuta per combustione di una miscela di **ossigeno** e **gas**. Il primo ha la funzione di **comburente**, il secondo quella di **combustibile**.

Tra i **gas** utilizzati come **combustibili**, attualmente troviamo soprattutto **propano**, **metano** e **GPL**, con potenza calorica diversa.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

6

Tra i **comburenti**, invece, si possono utilizzare l'aria compressa (ottenendo una fiamma meno potente), oppure **ossigeno sotto pressione**, fornito da una bombola, che genera una fiamma dalla temperatura più elevata.

La maggiore temperatura si ottiene utilizzando **propano liquido** e **ossigeno**, entrambi normalmente reperibili in bombole.

In realtà, si potrebbe ottenere una temperatura ancora più elevata utilizzando una miscela di **acetilene** e **ossigeno** (**fiamma ossiacetilenica**), ma questa non trova impiego in campo dentale poiché la temperatura generata (oltre 3000 °C) è molto al di sopra delle necessità dentali, che in genere vanno da 980 a 1500 °C. Inoltre, questa fiamma risulterebbe troppo aggressiva per la lega da fondere, con il rischio di bruciarne alcuni componenti; infine, va considerato che l'acetilene è più difficile da reperire e ha, rispetto al propano, un costo più elevato.

➔ **La detenzione e l'esercizio di gas compressi in bombole, soprattutto per le unità produttive, sono sottoposti alla precisa osservanza delle leggi relative alla sicurezza.**

La regolazione della **pressione** dei due gas (ossigeno e gas) è fondamentale e viene variata a seconda delle esigenze: poiché in questa tecnica non si può essere sicuri della quantità di calore che si fornisce alla lega durante la fusione, l'esperienza dell'operatore diventa determinante.

Nel cannello la **regolazione della fiamma** avviene attraverso dei rubinetti, in genere due: uno per il combustibile e uno per il comburente.



Kit per fusione con cannello e bombole di propano e ossigeno.



Cannello per gas e ossigeno.



Una fiamma allungata e giallastra indica una presenza eccessiva di propano nella miscela dei due gas. La lega in questo caso può assorbire carbonio e presentarsi porosa dopo la fusione.



Una fiamma troppo corta nella parte della corona esterna indica una presenza eccessiva di ossigeno. In questo caso la lega potrebbe surriscaldarsi e presentare porosità dopo la solidificazione.



Fiamma prodotta da una giusta miscela di gas. La parte da utilizzare per fondere la lega è situata a circa 8 cm dal cono azzurro brillante posto subito fuori dall'ugello del cannello di fusione. In questa posizione la fiamma è riducente e può arrivare fino a 2900 °C.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

Temperature massime raggiungibili dalle miscele di gas

Metano	Aria compressa	circa 1300 °C
Metano	Ossigeno	circa 2500 °C
Propano	Ossigeno	circa 2780 °C
Acetilene	Ossigeno	circa 3070 °C

Per ragioni di sicurezza, dovranno sempre essere presenti **valvole di non ritorno** tra il cannello e la bombola di combustibile. Inoltre, le bombole dovranno avere **rubinetti di chiusura** e **manometri** per la regolazione della pressione, che tra l'altro indicano anche quando il prodotto sta per finire.

Per l'**accensione della fiamma**, normalmente viene prima aperto leggermente il rubinetto del **combustibile**, che viene acceso, quindi si aumenta di poco l'afflusso del gas, poi si apre a poco a poco il rubinetto del **comburente** (aria compressa o ossigeno) e si regolano dolcemente i due gas fino ad ottenere la fiamma più idonea per la fusione.

Il cannello, prima dell'avvento delle **saldature laser**, era anche il principale sistema di **saldatura**, almeno per le **saldature primarie** (cioè quelle eseguite prima dell'esecuzione del rivestimento estetico) mentre le **saldature secondarie**, generalmente effettuate con già presente il rivestimento estetico in ceramica, venivano realizzate nel forno da ceramica.



Temperatura della fiamma in base al colore secondo le indicazioni dei Vigili del Fuoco.

Fusione a resistenza elettrica

Il principio di questo tipo di fusione si basa sul passaggio di **corrente elettrica** attraverso un elemento conduttivo, rappresentato da una **resistenza** che avvolge il **crogiuolo** che contiene la lega da fondere.

La resistenza trasmette calore – per **conduzione** – al crogiuolo, che a sua volta lo diffonde alla lega, portandola alla temperatura di colata.

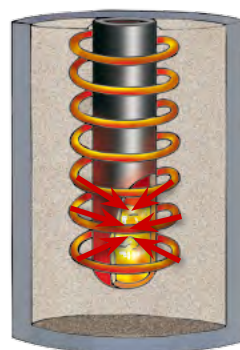


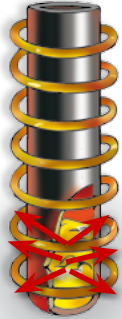
Foto: Foto Bego/Heraeus



A sx: schema di riscaldamento della lega per fusione elettrica.

A dx: fonditrice elettrica Combilabor. In questa macchina la **fusione** della lega avviene a **resistenza**, mentre la spinta nel cilindro è data per utilizzo combinato di **caduta in vuoto** e **pressione**.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe



Schema di riscaldamento della lega per induzione.



Espansione online

Fusione per induzione

Fusione per induzione

Il principio di funzionamento si basa sull'effetto che una **corrente indotta** manifesta sul metallo da fondere. Facendo passare della corrente elettrica in una **serpentina di rame (bobina)** che avvolge il crogiuolo, si crea una corrente indotta all'interno della serpentina stessa. Il **campo magnetico** aumenta l'**agitazione degli atomi** nel **reticolo cristallino** della lega da fondere e questo movimento sviluppa un calore tale da portare rapidamente la lega al proprio **intervallo di fusione**.

La macchina è formata da un generatore a **valvole termoioniche** che aumenta la frequenza della corrente elettrica, convogliandola in una serpentina di rame elettronico all'interno della quale circola acqua (perché non si surriscaldi).

All'interno dello spazio delimitato dalle **spire** della bobina si genera una corrente ad alta frequenza che investe il metallo, il quale si riscalda rapidamente fino a fondere.

La fusione della lega avviene sotto il controllo di appositi **pirometri** che, controllando la temperatura di fusione, garantiscono di non surriscaldare la lega interrompendo il passaggio della corrente nella serpentina. Questi pirometri spesso sono **ottici**, cioè non registrano la temperatura della lega per contatto, ma in base alla **luce** emessa dalla **fusione**.

Spinta della lega

All'inizio del secolo scorso, la fusione generalmente avveniva ponendo il cilindro caldo all'estremità di una specie di **fionda di David**, e il metallo veniva posto (freddo) direttamente nell'incavo lasciato dalla tettarella nella massa refrattaria del cilindro. A questo punto – con il **cannello** o per mezzo di un **arco voltaico** – il metallo veniva fuso velocemente e quindi l'odontotecnico iniziava a far roteare rapidamente la fionda, ottenendo, per azione della forza centrifuga data dalla rotazione, la colata del metallo all'interno del cilindro.

Rispetto ai moderni sistemi di fusione, si trattava ovviamente di un sistema empirico e soprattutto molto pericoloso per l'incolumità dell'operatore, che poteva essere investito da piccole parti di metallo fuso o dallo stesso cilindro incandescente.

Successivamente, si cominciarono ad impiegare **centrifughe fissate a banco**, ma anche le prime versioni di queste macchine presentavano potenziali pericoli, perché sia durante il **caricamento a molla** della centrifuga, sia durante la **fusione**, sia – soprattutto – nella successiva **centrifugazione**, i rischi di essere colpiti rimanevano elevati.

Arco voltaico e fionda a mano (inizio '900).

Foto: prof. Daniele D'Angelo



Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

9



Centrifuga a molla a carica manuale.



Espansione online

Fusione con centrifuga e cannello.

Centrifughe

A partire dalla fine degli anni '80, specifiche direttive in tema di sicurezza negli ambienti di lavoro iniziarono a regolamentare i sistemi di fusione; le centrifughe vennero dapprima racchiuse all'interno di **box metallici** dotati di coperchi – la cui chiusura attivava la centrifugazione –, poi dotate di un **motore di rotazione** in luogo della molla. Questi sistemi neutralizzavano i pericoli rappresentati dalla rotazione centrifuga e dalla **proiezione di frammenti**, ed evitavano che l'operatore dovesse intervenire direttamente con le mani nella zona di fusione, perché la **centrifugazione** veniva ora gestita dal motore.

Attualmente le misure di sicurezza sono state perfezionate: gli stessi **microinterruttori** del coperchio che – con la chiusura – permettono l'avvio della centrifugazione, in caso di apertura accidentale durante la rotazione del macchinario comportano l'immediato **arresto della rotazione**.

➔ **Osservando le disposizioni di legge non troveremo quindi più in esercizio, almeno nei laboratori del nostro Paese, centrifughe con caricamento a molla o che vengono avviate manualmente dagli operatori.**

Le macchine che utilizzano la forza centrifuga per la spinta della lega fusa sono in genere previste per fusione a **fiamma** o per **induzione**, e solo in rari casi a **resistenza elettrica**.

Si compongono di un **braccio** che può essere dritto o snodato, alle cui estremità si trovano da un lato le sedi per **crogiuolo** e **cilindro**, dall'altra un **contrappeso** regolabile in base al peso della prima estremità (devono essere bilanciati).

Altra possibilità di regolazione delle centrifughe è la **velocità di partenza (spunto)**, che determina un'accelerazione più o meno elevata della lega fusa. Lo spunto è regolato in modo **inversamente proporzionale** alla **densità** del metallo: tanto più alto è il suo peso specifico, tanto più basso dovrà essere regolato lo spunto. Nelle macchine a **induzione** c'è la possibilità di regolare anche la **temperatura di esercizio** in base all'intervallo di fusione della lega.

Il funzionamento delle centrifughe è assai semplice: una volta che il metallo è fuso, si attiva la centrifuga e il braccio inizia a girare velocemente. Il metallo, per forza centrifuga, viene così spinto all'interno del cilindro, nella forma lasciata libera dalla cera (o da altro materiale calcinabile utilizzato).

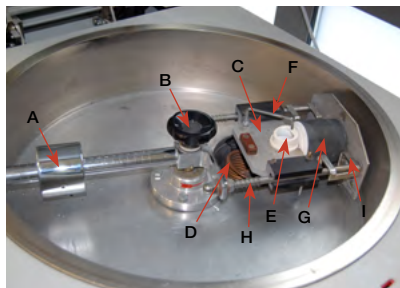


Foto: Dental Center – BO

Centrifuga a motore con cestello di protezione. Aperto il coperchio, dopo la fusione, possiamo osservare, partendo da sinistra: **A)** contrappeso del braccio della centrifuga (da regolarsi in base alla dimensione del cilindro e alla quantità di lega); **B)** fulcro di rotazione con pomello a vite (per effettuare il bilanciamento del braccio); **C)** carrello scorrevole con piattello porta-crogiuolo; **D)** serpentina dell'induzione; **E)** crogiuolo; **F)** blocco di sicurezza del crogiuolo; **G)** cilindro di fusione 6X; **H)** molle di spinta del crogiuolo contro il cilindro; **I)** supporto per crogiuolo (sostituibile a seconda della misura del cilindro).

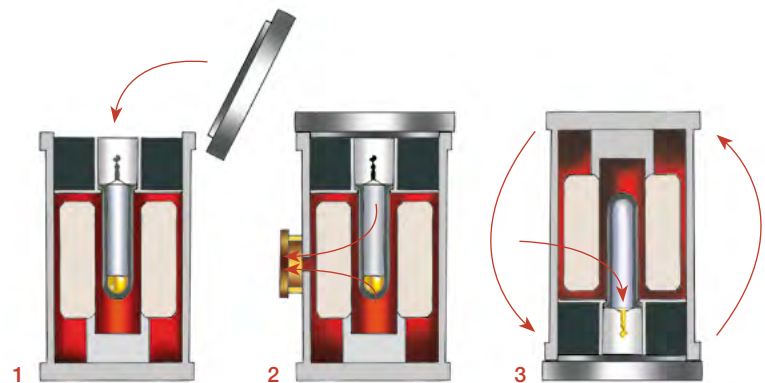
Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

10

Pressofusione

Per la **colata** del metallo fuso, le fonditrici non si servono soltanto del sistema a forza centrifuga, ma possono utilizzare anche l'azione – spesso combinata – della **pressione** e/o dell'**aspirazione** (il vuoto), in un ambiente che **limita gli ossidi** utilizzando per la fusione della lega **gas riducenti** (come per esempio, l'**argon**).

Le macchine che usano questo sistema fondono il metallo per **induzione** o con **resistenza elettrica**. Offrendo la possibilità di regolare la temperatura di fusione, garantiscono la ripetibilità delle operazioni e di conseguenza la qualità dei dispositivi è costante. Le fasi di fusione si dividono in tre momenti differenti: **vuoto**, **rotazione** e **compressione**.



Dopo il riscaldamento della lega il cilindro viene inserito nella macchina e si chiude ermeticamente la camera di fusione (1). Il vacuum aspira aria e gas di fusione, creando il vuoto (2). Il macchinario viene ribaltato e la lega scende per caduta nella cavità lasciata dal modellato nel cilindro. L'immissione di gas o aria compressa spinge il metallo anche nelle parti più sottili dello stampo (3).

Vuoto. Dopo l'inserimento del crogiuolo nella macchina, con il metallo già al suo interno, viene creato il vuoto, che sarà mantenuto fino a fusione avvenuta. Il **vacuum** aspira sia **aria** sia **gas di fusione**, limitando la formazione delle eventuali **porosità**.

Rotazione. Quando il metallo raggiunge la temperatura di colata, la camera di fusione ruota e la lega passa quindi per caduta controllata dal crogiuolo all'interno dello stampo (nel cilindro).

Compressione. Con il metallo ancora liquido, nel macchinario entra un **gas** (**argon**, aria compressa ecc., a seconda del tipo di macchinario), che spinge il metallo in fondo al cilindro, riempiendo anche gli spazi più sottili.

Durante la fusione, nella camera di fusione è anche possibile che la fonditrice preveda l'immissione di un **gas inerte** (in genere, **elio** o **argon**) proveniente da una **bombola** e gestito dalla fonditrice stessa, con la funzione di **ridurre l'ossidazione** della lega fusa.



Espansione online

Pressofusione

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

Crogiuoli

➔ I **crogiuoli** sono i contenitori in cui fonde la **lega**.

Possono essere differenti per forma e tipo e variano in base alle caratteristiche delle macchine in cui andranno alloggiati. Anche la loro composizione è diversa: possono infatti essere di **ceramica** o di **grafite**.

Se il metallo è fuso in un **crogiuolo di grafite**, all'interno dello stesso si crea un campo di protezione di CO_2 che impedisce la formazione di uno strato di ossido superficiale sulla lega e quindi ne determina una migliore scorrevolezza. Per le fusioni possono essere utilizzati solo con le **leghe nobili**, con un tetto massimo di **palladio** fino al **24%**. Non possono invece essere usati con leghe palladiate e leghe non preziose, a causa dei problemi che potrebbero insorgere quando queste leghe entrano in contatto con il carbonio della grafite. Per queste leghe si impiegano quindi **crogiuoli in ceramica**.

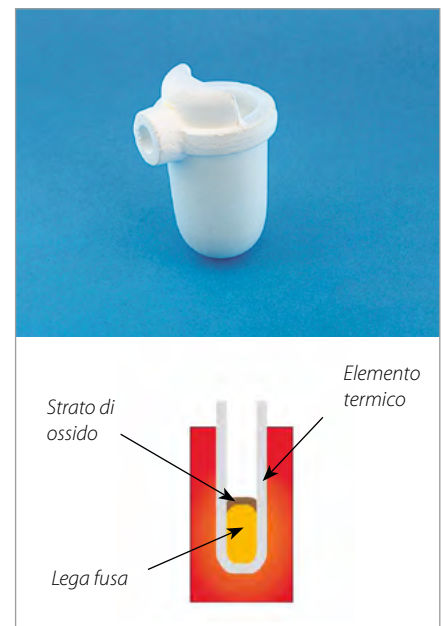
In genere, comunque, le indicazioni sul tipo di crogiuolo da utilizzare sono presenti nelle **tabelle metallografiche** o nelle istruzioni d'uso della lega.




Vari crogiuoli per fusione a cannello.



Crogiuolo in grafite.



Crogiuolo in ceramica.

➔ Anche se due leghe di tipo diverso prevedono l'uso dello stesso crogiuolo, per ognuna di esse va usato un crogiuolo specifico, per evitare **contaminazioni** tra le due leghe. 

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

12

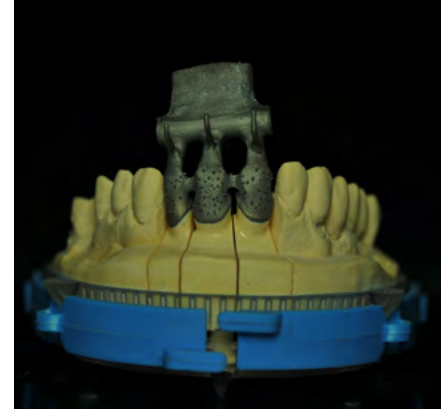
Quantità di lega da fondere

Per stabilire la quantità di lega adeguata al dispositivo da realizzare in genere si pesano il **modellato** in cera e la **barra** di stabilizzazione e si moltiplica questo valore per il **peso specifico** della lega utilizzata. Questo sistema garantisce con una certa sicurezza di ottenere il pezzo da fondere e un margine di sicurezza per la riuscita della **nutrice** (o **barra di stabilizzazione**).

Foto: Foto A. Savioli – Dentalmaster – GE



Elementi in cera muniti di barra di stabilizzazione pronti per essere pesati. Moltiplicando il peso degli elementi muniti di barra per il peso specifico della lega da utilizzare, si ottiene la giusta quantità di metallo necessaria per una fusione che offra un discreto margine di sicurezza.



Se, come spesso accade con leghe di valore elevato, si impiega un mix di **lega nuova** e lega già utilizzata, le **matarozze** provenienti dalle precedenti fusioni andranno preventivamente pulite, **decapate** e **sabbiate**. Inoltre, la loro quantità non dovrà mai superare **1/3 del peso complessivo** della lega da fondere.

Al termine della fusione, i dispositivi realizzati vengono **liberati dal cilindro**, quindi **sabbati**, **decapati** e **rifiniti** con varie frese e gommini.



Proporzione corretta tra matarozza e lega nuova.



Raffreddato il cilindro, la fusione viene liberata dal rivestimento.

■ Sabbiatura e decapaggio

Sabbiatura

Le moderne **sabbiatrici** permettono di utilizzare diversi tipi di prodotti per **pulire** e creare **microritenzioni**, semplicemente cambiando la posizione di un commutatore. Ogni posizione del commutatore corrisponde ad un diverso serbatoio e ad un diverso **ugello** di uscita di “sabbie” dalla diversa granulometria, ognuna proveniente da un diverso serbatoio.

In genere si impiegano:

- **microsfere di resina** per la **pulizia delle fusioni** dai residui di rivestimento;
- vari tipi di **corindone** o di **biossido di alluminio** (AlO_3) di diversa **granulometria** (da 30 a 200 micrometri - μm) per generare, con la sabbiatura, delle **microritenzioni** sulla superficie sabbiata.

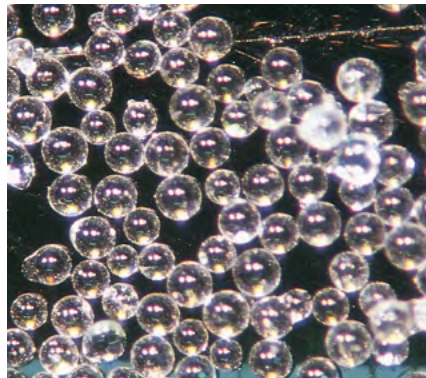
Le **microsfere di resina** potrebbero essere **riutilizzate**, perché in seguito all’urto con la superficie da ripulire non subiscono alterazioni della propria forma. Al contrario, i **cristalli di biossido di alluminio**, una volta colpita la superficie da sabbiare, creano la **microritenzione** proprio a causa della propria **spigolosità**, ma i loro spigoli vengono danneggiati dall’urto, pertanto non possono più essere riutilizzati per creare ritenzione, ma sono ancora validi per pulire. Cadendo, vanno quindi a mischiarsi con le microsfere di resina sul fondo della sabbiatrice. Una posizione del commutatore permette quindi di utilizzare come serbatoio proprio il fondo della sabbiatrice, dove il mix di microsfere di resina e cristalli danneggiati di biossido viene nuovamente aspirato e serve per una pulizia piuttosto sommaria delle fusioni, in modo da liberarle dai blocchi più grossi di rivestimento.



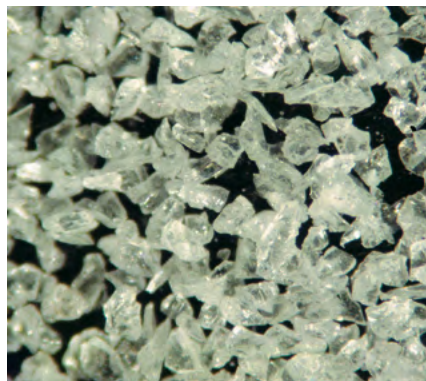
Sabbiatrice a 4 sabbie, con regolatore di pressione e commutatore posti al suo interno.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

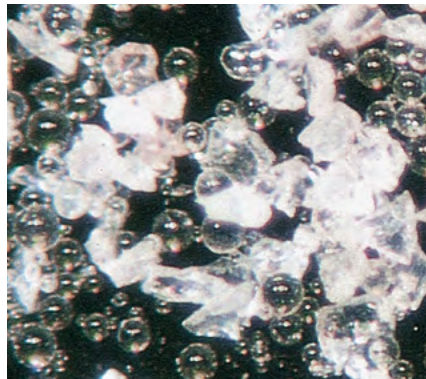
Microsfere di resina viste al microscopio, e schema dell'effetto del loro impatto sulla superficie sabbiata: la superficie viene pulita senza subire lesioni importanti.



Cristalli di biossido di alluminio visti al microscopio, e schema dell'effetto del loro impatto sulla superficie sabbiata: vengono create le microritenzioni e i cristalli perdono spigolosità.



Mix di cristalli e microsfere visti al microscopio e schema del loro effetto sulla superficie sabbiata: in genere sono utilizzate per levare i residui più importanti di rivestimento.



Per comandare la proiezione delle sabbie normalmente si utilizza un **pedale**, poiché le mani sono entrambe occupate all'interno della macchina: una per tenere l'ugello, l'altra per tenere il pezzo da sabbiare.

Le sabbiatrici in genere hanno 3 o più contenitori per le sabbie nuove, più la vaschetta di recupero, ognuna di esse collegata ad un diverso ugello:

- dall'**ugello di grosse dimensioni**, proviene un getto composto da polvere di **corindone** e dal **recupero** delle sabbie derivante dal **fondo della sabbiatrice (ricircolo)** – questo può essere utile per togliere dalle fusioni il grosso del rivestimento residuo.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

15

Foto: Renfert



La sabbiatrice impegna entrambe le mani dell'operatore. Di conseguenza, molte attrezzature prevedono un comando dell'aria a pedale.

- un primo ugello è collegato ad un **primo contenitore** (normalmente dello stesso colore dell'ugello) di **sfere di vetro, plastica o resina** che servono per rimuovere i residui finali di massa refrattaria, soprattutto in prossimità delle zone "di precisione" della fusione.
- In un **secondo contenitore** possiamo trovare del **biossido di alluminio** a granulometria **bassa/media** (le granulometrie partono generalmente dai 40 μm per arrivare sino a 250 μm) – per trattare superfici che poi subiranno trattamenti adesivi (**mordenzatura**), o che andranno rivestite esteticamente: la granulometria grossa genera infatti una superficie molto ruvida, ottima per l'adesione di un opaco o di un **primer**.
- In un **terzo contenitore** si può trovare del **biossido di alluminio** di granulometria **superiore a 150 μm** - questo è molto utile per rimuovere refrattario persistente (ad esempio in zone difficilmente raggiungibili) o per trattare superfici che andranno ceramizzate – sabbiatura e successiva vaporizzazione garantiscono una superficie perfettamente detersa, ottima per la ceramizzazione.

Tutti i getti delle sabbie sono regolabili in potenza per mezzo di appositi **manometri**, che agiscono sulla **pressione dell'aria**.

La regolazione di una potenza adeguata e la massima cura dell'operatore impediranno alla sabbiatura di arrecare danni al manufatto; ricordiamo soprattutto che alcuni materiali, per esempio le **leghe nobili** morbide, o determinate parti del dispositivo, come i **dettagli interni** di **cappette, chiusure, attacchi, fresaggi** ecc. potrebbero deteriorarsi con la sabbiatura e quindi andranno preventivamente protetti con della cera.

Per la salubrità dell'ambiente di lavoro e – soprattutto – dell'operatore, la sabbiatrice dovrà presentare una **chiusura stagna** che impedisca alle polveri di fuoriuscire dal box. Inoltre dovrà risultare corredata da un efficiente **sistema di abbattimento** delle polveri e di **filtraggio dell'aria** rimessa in circolo.

A questo proposito sono molto diffusi i sistemi che, oltre ai tradizionali **filtri meccanici**, prevedono l'**abbattimento delle polveri** grazie al passaggio dell'aria in **cilindri ad alta umidità** o addirittura per **gorgogliamento in acqua**.

Se le sabbie presenti sul fondo della sabbiatrice devono essere rimosse (questo intervento va eseguito periodicamente), si raccomanda di utilizzare le opportune cautele e i residui andranno smaltiti secondo le locali disposizioni di legge.

Dopo la sabbiatura, specialmente se il dispositivo metallico va saldato, è possibile **decarparlo** mettendolo a bagno in un'apposita soluzione tiepida **acida** o **basica** (in genere si tratta di appositi sali disciolti in acqua), che ne elimina gli eventuali ossidi e incrostazioni.

Decapaggio

Con il decapaggio, le superfici metalliche vengono trattate per rimuovere, dopo la fusione o la saldatura, eventuali ossidi, tracce di fondenti e borace.

Sebbene le sostanze acide o basiche utilizzate per decapare lavorino molto meglio in presenza di **calore**, è comunque importante seguire attentamente le indicazioni date a questo proposito dal fabbricante del sale, poiché una temperatura del bagno prossima all'ebollizione potrebbe far sviluppare al bagno decapante dei **gas** in grado di rappresentare un pericolo per la salute dei lavoratori (si raccomandano sempre la massima areazione dei locali, sistemi di aspirazione e un frequente ricambio dell'aria).

I **sali per decapaggio** utilizzati per le leghe auree ridonano l'aspetto dorato alle fusioni e possono comunemente essere utilizzati con gli **ultrasuoni**, purché abbiano la funzione di riscaldamento delle vaschette.

In **alternativa** al decapaggio, in alcuni casi e solo per i dispositivi metallici, è possibile trattare la superficie dei dispositivi metallici con un **sistema elettrolitico (galvanico)**.

Dopo il decapaggio o la lucidatura elettrolitica, i dispositivi dovranno essere trattati con **bicarbonato** e perfettamente detersi prima di essere reintrodotti nel ciclo produttivo.

Da segnalare che anche i **residui dei bagni** di decapaggio e di quelli elettrolitici vanno smaltiti seguendo le indicazioni di legge locali, salvo i casi in cui si ricorre al **ritiro garantito** dal produttore (per esempio, nel caso dei bagni delle **Auro Galvan Crown**).

Saldatura

La saldatura è un procedimento con il quale si uniscono più parti di un dispositivo per raggrupparle in un pezzo unico.

Distinguiamo una **saldatura primaria**, realizzata prima che il dispositivo venga ricoperto con il materiale estetico, e una **saldatura secondaria**, che invece è realizzata dopo il rivestimento estetico del dispositivo e che in genere viene utilizzata solo per i ponti in metallo-ceramica:

- nel primo caso il **saldame** (la lega utilizzata per unire i pezzi) dovrà avere un **intervallo di fusione inferiore** a quello della **lega** con cui sono realizzati i pezzi da saldare, ma **superiore** alla **temperatura di cottura** della ceramica;
- nel secondo caso, invece, il **saldame** dovrà avere un intervallo di fusione **inferiore** sia a quello della **lega** che compone i pezzi da unire, sia alla **temperatura di cottura** della ceramica.



Foto: Degudent



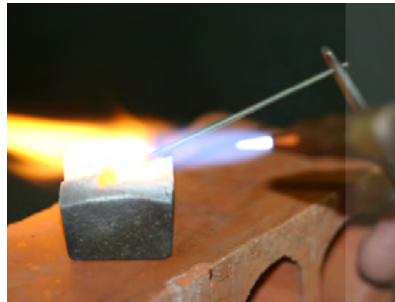
Bagno temperato per i procedimenti di decapaggio.



Saldatura primaria, in cui i pezzi da saldare vengono uniti prima di rivestire esteticamente il dispositivo.

Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

Per saldare, sono disponibili molte attrezzature notevolmente diverse tra loro: dai tradizionali **cannelli** (gli stessi esaminati a proposito della fusione), alle macchine per **microsaldatura** – che si servono di aghi molto simili a quelli normalmente utilizzati per gonfiare i palloni –, ai sistemi più innovativi come le saldatrici a **infrarossi**, i sistemi **laser** e la **puntatrice elettrica**.



Saldatura a cannello.



Microsaldatrice a fiamma.

Foto: Zhermack



Saldatrice a infrarossi.

Foto: Omec

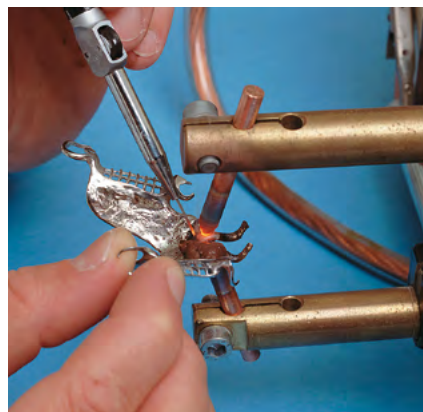


Saldatrice laser.

Foto: Renfert



Puntatrice elettrica.



Strumenti e attrezzature per la fusione delle leghe

18

■ Rifinitura e lucidatura dei metalli

Rifinitura e **lucidatura** dei metalli vengono eseguite prevalentemente con **micromotore** e **frese** dedicate, anche se nel caso delle **protesi scheletrate** si impiegano anche altre attrezzature particolari, come la **rapida**, una specie di pulitrice in grado di ospitare frese e gommini, e l'**elettrolucidatura elettrolitica**, che si serve di un bagno galvanico per asportare elettroliticamente le asperità dalle fusioni.

Foto: Renfert



Rifinitura e lucidatura dei metalli.

Foto: Renfert



Rifinitura con la "Rapida": si tratta di un procedimento piuttosto rischioso, da riservare solo agli operatori più esperti.



Foto: Denstar

Dispositivo per elettrolucidatura.