

Criteri decisionali economici e qualitativi

Masse di rivestimento universali a legame fosfatico

Bernhard Egger

Nonostante i grandi progressi compiuti nella tecnologia CAD/CAM si continuano tuttora a ottenere i massimi risultati con tradizionali tecnologie a pressatura e fusione. Proprio in vista della sempre più rigorosa gestione dei costi di laboratorio, tali tecniche comprovate sono tuttora una garanzia di rapporto qualità/prezzo affidabile per tutte le persone coinvolte. Bernd Egger riflette sui criteri decisionali di natura economica e qualitativa relativamente alle masse di rivestimento universali a legame fosfatico.

L'elevata pressione sui costi e il connesso ristretto margine finanziario dei laboratori odontotecnici portano a una maggiore attenzione ai criteri qualitativi in fase di acquisto di merci e di produzione. Esiste inoltre il fattore tempo, che influisce indirettamente sui costi di fabbricazione attraverso i costi salariali connessi. Ciò richiede tecnologie che garantiscano risultati affidabili, prevedibili e di alta qualità

Tecnica di pressatura

Fig. 1

La lavorazione della pressoceramica è ben affermata nel portafoglio della maggior parte degli studi odontotecnici e si è rivelata una variante tecnologica sicura (Figg. da 2 a 6). In particolare, l'introduzione della ceramica a base di disilicato di litio comprimibile (e.max) da parte dell'azienda Ivoclar ha influenzato costantemente questo sviluppo. Una notevole importanza nella lavorazione di questo materiale è rivestita dai forni di cottura e dalle masse di rivestimento utilizzate.



Fig. 2 La situazione iniziale, a causa dello scolorimento dei denti devitalizzati 11 e 21, rappresentava una sfida, dal punto di vista estetico, per il restauro in ceramica integrale previsto



Fig. 3 e 4 Cera frontale e linguale: la trasformazione della modellazione in cera con precisione dimensionale è indispensabile per una produzione efficiente



Fig. 6 Imperniatura: il posizionamento del manufatto oggetto di pressatura è fondamentale per lo spessore dello strato di reazione nella ceramica a base di disilicato di litio



Fig. 5 Cera di chiusura marginale: il desiderio dell'utente è ottenere risultati di presso-fusione che siano perfettamente su misura, senza richiedere una lavorazione successiva





Fig. 7 La massa di rivestimento Ceravety Press & Cast di Shofu fissa nuovi canoni nella tecnologia di rivestimento. È utilizzabile per la tecnologia di pressatura/sovrappressatura e fusione in procedura Speed e può essere anche riscaldata in modo convenzionale. L'eccellente gestione dell'espansione crea un'ideale armonizzazione con i manufatti oggetto di presso-fusione. In tal modo vengono realizzate superfici molto lisce con un'adattabilità eccezionalmente costante

Lo sviluppo delle cosiddette masse di rivestimento Speed ha modificato per sempre l'impegnativa procedura di lavoro finora nota. Mentre con le masse di rivestimento convenzionali il processo di preriscaldamento, dal rivestimento alla procedura di pressofusione, durava dalle tre alle quattro ore, il tempo necessario con le moderne masse di rivestimento Speed si riduce a circa 90 minuti. Se si considera inoltre il fatto che nelle masse di rivestimento convenzionali è idealmente preferibile avviare il processo di preriscaldamento a temperatura ambiente, ciò significava in pratica che, soprattutto nei piccoli laboratori, spesso si poteva effettuare la fusione e la pressatura una sola volta al giorno. Questo comportava un'evidente limitazione della produzione giornaliera e spesso presupponeva una pianificazione strategica, accompagnata da tempi di produzione decisamente superiori e scarse possibilità di intervento in caso di insuccesso.

Composizione

La presente indagine ha per oggetto le proprietà delle masse di rivestimento Speed, che meritano sicuramente un'analisi più attenta. Le masse di rivestimento Speed sono composte dal legame ossido di magnesio e diidrogeno fosfato di ammonio, nonché da modifiche del diossido di silicio (SiO₂), quarzo e cristobalite, come materiale riempitivo. Vengono miscelate a un fluido di miscelazione, composto essenzialmente da gel di silice acquoso (il gel di silice è una sospensione colloidale acquosa a base di diossido di silicio amorfo (SiO₂). Il termine tedesco "Kieselol" (gel di silice) è composto da "Kiesel", ovvero acido silicico, e "Sol", sinonimo di colloide). Dopo la miscelazione, tramite il processo di cristallizzazione del magnesio-ammonio-fosfato a temperatura ambiente, avviene la stabilizzazione della massa di rivestimento. Nel successivo processo di preriscaldamento in forno ha luogo una scissione tra acqua e ammoniaca e si forma il pirofosfato di magnesio. Questo processo rappresenta un momento critico nella procedura che verrà descritta più dettagliatamente al sottotitolo: "Problemi durante la lavorazione".

Comportamento dimensionale

L'espansione si distingue in espansione per indurimento ed espansione termica. Si applica la seguente formula: $\text{Espansione totale} = \text{espansione per indurimento} + \text{espansione termica}$. L'espansione per indurimento e l'espansione termica vengono regolate tramite la concentrazione del fluido di miscelazione. Meno acqua distillata viene utilizzata per la diluizione, più concentrato è il fluido di miscelazione e quindi maggiore è l'espansione per indurimento in generale e più piccolo risulta il manufatto pressofuso. Durante il processo di preriscaldamento della massa di rivestimento avviene un restringimento tra i granuli di materiale riempitivo tra loro in contatto, per cui si crea, all'osservazione microscopica, un corpo di rivestimento poroso. Queste porosità sono successivamente necessarie per consentire lo scarico dei gas all'interno della muffola durante il processo di pressofusione. L'espansione è essenzialmente determinata dal materiale riempitivo. Inoltre, una maggiore quantità di gel di silice determina una maggiore espansione termica.

Levigatazza superficiale

Come già accennato, la struttura superficiale della massa di rivestimento è caratterizzata da porosità, il cui grado dipende dal contenuto di gel di silice nel fluido di miscelazione. Le particelle di silicato amorfo generate dal gel di silice sigillano parzialmente tali pori. In sostanza, maggiore è il contenuto di gel di silice del fluido di miscelazione, più è liscia la superficie del manufatto.

Caratteristiche delle masse di rivestimento

Le caratteristiche fondamentali di una massa di rivestimento "ideale" sono:

- vasta gamma di indicazioni
- semplice miscelazione, buona capacità di riempimento, tempi di indurimento brevi
- tempi di lavorazione lunghi
- espandibilità: comportamento dimensionale perfettamente gestibile
- superfici lisce, ottima riproduzione dei dettagli, ad esempio bordi dei manufatti
- ridotta ruvidità superficiale e porosità
- elevata stabilità meccanica alle basse e alle alte temperature
- ridotta o assente reazione superficiale con leghe
- ottima separazione dei manufatti pressofusi.

Queste proprietà sono determinate dai rapporti di miscelazione utilizzati per i singoli componenti della massa di rivestimento, dalle materie prime lavorate e dalla riproducibilità della fabbricazione da parte del produttore. In pratica, da esse derivano le grandi differenze qualitative delle masse di rivestimento disponibili. Spesso in un prodotto si riscontrano nette differenze tra i singoli lotti che rendono difficile garantire un lavoro affidabile. Questa problematica rende pressoché impossibile per numerosi utenti individuare e correggere i propri errori procedurali. A tale riguardo, solo fasi operative accurate e riproducibili in laboratorio, da un lato, e la comprensione dei fattori di influenza, dall'altro, possono essere d'aiuto a raggiungere l'obiettivo: utilizzare un prodotto affidabile, idoneo e di qualità stabile (Fig. 7).



Fig. 8 press-i-dent: L'Austromat 654 press-i-dent è dotata, a partire dalla versione software 03.00, di un nuovo e rivoluzionario sistema di gestione automatica dei tempi di pressatura. Riduce al minimo i tempi di pressatura per le pressoceramiche e riduce pertanto gli strati di reazione in caso di risultato di pressatura perfetto. Le applicazioni con il sistema di muffola trixpress risultano pertanto ancora più stabili al processo. Anche l'Austromat

354 press-i-dent può essere dotato a posteriori del nuovo sistema di gestione automatica dei tempi di pressatura. A tale riguardo è necessario un kit di aggiornamento hardware per utilizzare il software V 03.00

Problemi durante la lavorazione

Struttura degli interstizi delle masse di rivestimento, granulometrie

A causa della granulometria della polvere, durante la miscelazione si verifica l'inclusione di acqua. I singoli granelli di polvere vengono legati dall'agente legante. A seconda delle dimensioni dei granelli di polvere e degli specifici additivi si possono formare interstizi di diverse dimensioni.

Creazione di pressione

L'inclusione di acqua porta, durante il processo di preriscaldamento, a instabilità della forma. Ciò si può spiegare nel seguente modo: l'acqua passa allo stato gassoso alla temperatura di 100 °C. Il volume dell'acqua aumenta in tal modo di 1700 volte.

Questa espansione del gas crea pressione negli interstizi della struttura della massa di rivestimento attraverso l'evaporazione dell'acqua; il vapore acqueo viene così premuto attraverso gli interstizi. In caso di immissione troppo rapida del calore il materiale scoppia e si formano crepe sottili (Vedi tabella).

Formazione di crepe di tensione

Ogniqualvolta su un materiale agiscono forze di trazione o pressione e, a causa della sua stabilità di forma, non possono aver luogo deformazioni, si creano tensioni. La pressione del vapore descritta e le diverse espansioni sono pertanto causa di tensioni meccaniche all'interno della muffola. Specialmente nelle pressoceramiche con valori di stabilità più bassi, ciò può portare alla formazione di fessurazioni dopo il processo di raffreddamento. Nelle leghe questo può determinare tensioni all'interno del manufatto fuso.

Ceramica a base di disilicato di litio

La ceramica a base di disilicato di litio è caratterizzata da un'elevata stabilità e può essere anche lavorata durante il processo di pressatura. A seconda del tipo di forno e della massa di rivestimento si riscontrano notevoli differenze qualitative, dovute alla sensibilità del disilicato di litio alle temperature superiori a 900 gradi, al tempo di permanenza e al contatto con le masse di rivestimento a legame fosfatico (Fig. 8).

Il calore proveniente dall'interno della muffola differisce in modo non irrilevante dalla temperatura ambiente della camera di combustione del forno. Dato che la massa di rivestimento esercita una resistenza termica, anche con un tempo di permanenza prolungato non si riscontra in nessun momento una distribuzione uniforme della temperatura all'interno della muffola. Ha luogo pertanto una perdita di energia, misurata a partire dall'involucro esterno fino al centro della muffola, con la conseguenza che, a temperatura di combustione costante, non sussiste in nessun momento una distribuzione omogenea della temperatura all'interno della muffola.

Per consentire tuttavia pressature complete da parte dell'utente, molti produttori di forni di combustione affrontano questa problematica con un aumento della temperatura finale. Uno svantaggio di questa procedura rimane tuttavia l'aumento della temperatura all'interno della muffola di pressatura dall'interno verso l'esterno; ciò significa che la ceramica viene di norma pressata a seconda del sistema da un nucleo più freddo nella zona più calda del bordo. In tal modo, pertanto,

Equazione per il calcolo del volume dei gas ideali

$$p \times V = n \times R \times T$$

dove

p: pressione in Pa (1 Pa = 1 N/m²)

V: volume in m³

n: quantità di materiale in mol

T: temperatura in K

R: costante universale dei gas = 8,314 J/(K x mol)

Per poter effettuare il calcolo in relazione alla massa, la quantità di materiale n viene sostituita dalla massa, divisa per la massa molare M: $n = m / M$, e si ottiene:

$$p \times V = m / M \times R \times T$$

Per 1,000 l di acqua a 4 °C e vapore a 100 °C e 1013 mbar, in caso di utilizzo dell'equazione del gas ideale si ottiene un volume (teorico) di vapore di 1,700 m³.



Fig. 9 Tavolo di pressatura: il tavolo di pressatura ottimizzato del forno di cottura Dekema è frutto delle più recenti conoscenze riguardo alla distribuzione della temperatura all'interno della camera di combustione dei forni per cottura ceramica e, grazie alla sua speciale superficie d'appoggio puntiforme, consente una circolazione del calore di irradiazione all'interno della camera di combustione. Ciò consente una ripartizione uniforme della temperatura all'interno della muffola e contribuisce a risultati qualitativamente migliori

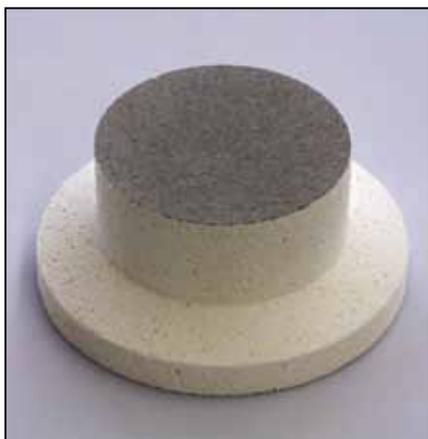


Fig. 10 Tavolo di cottura: i tavoli di cottura convenzionali non consentono la circolazione del calore per irradiazione sul fondo della muffola. Ciò determina una ripartizione sfavorevole della temperatura all'interno della muffola e può pertanto avere un influsso negativo sull'esito della pressatura

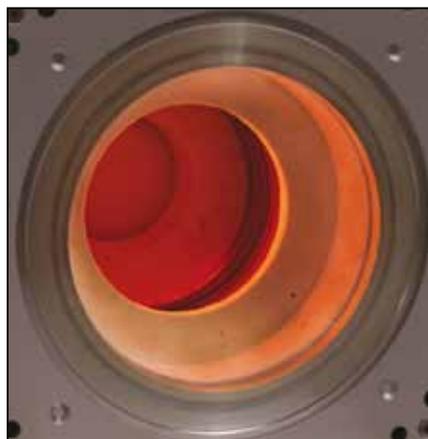


Fig. 11 Elemento riscaldante vecchio: un elemento riscaldante consumato è controproducente ai fini dell'ottenimento di risultati di alta qualità. Una gestione precisa della temperatura non viene garantita in modo indipendente dal tipo di forno utilizzato/dal produttore

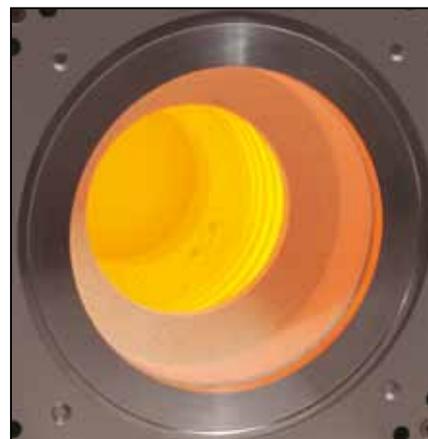


Fig. 12 Elemento riscaldante nuovo: un elemento riscaldante intatto è una componente indispensabile all'interno della catena di produzione ai fini dell'ottenimento di risultati di cottura/pressatura di alta qualità

la ceramica viene intenzionalmente surriscaldata e viene così garantita la viscosità della ceramica necessaria per la pressatura. Questa circostanza, soprattutto in caso di materiali sensibili quali la ceramica a base di disilicato di litio, ha effetti negativi sulla qualità di quest'ultima, dato che le temperature elevate e la durata di permanenza portano a una maggiore formazione dello strato di reazione sulle superfici. Uno strato di reazione più spesso significa a sua volta nella successiva fase di lavorazione, oltre a una peggiore adattabilità, una variazione del volume del manufatto pressato che può portare a risultati non tollerabili. Oltre alla scelta di un forno di cottura idoneo, anche la massa di rivestimento è di fondamentale importanza per lo spessore dello strato di reazione (Figg. da 9 a 14).

Conducibilità termica

Le masse di rivestimento a legame fosfatico sono composte da due componenti: una miscela di polvere e il fluido di miscelazione. Il fluido di miscelazione è composto da acqua e gel di silice, di norma in un rapporto di miscelazione del 70% : 30%. Ulteriori additivi possono ad esempio essere alcali (Na_2O), che servono a favorire la formazione di alghe (in caso di conservazione prolungata). Il fluido di miscela-

zione svolge solo un compito di gestione dell'espansione, ma con le masse di rivestimento a legame fosfatico non determina alcun incremento diretto della qualità per effetto di eventuali additivi speciali. Le proprietà effettive della massa di rivestimento vengono pertanto determinate dai componenti della polvere: le granulometrie e i rapporti di miscelazione della ricetta della polvere sono i parametri decisivi. Particolare importanza assume, come già accennato, la conducibilità specifica della massa di rivestimento.

Definizione

La conducibilità, detta anche coefficiente di conduttività termica (λ , ι , k o κ) di un solido, di un liquido o di un gas, è la rispettiva capacità di trasportare energia termica ("calore") tramite conduzione del calore. La conducibilità termica (specifica) in Watt per ogni Kelvin e metro è una costante del materiale dipendente dalla temperatura (Wikipedia).

In pratica, ciò significa che la massa di rivestimento agisce come un isolante: l'utente di solito ritiene che una muffola dopo un'ora di permanenza nel forno di preriscaldamento alla temperatura finale abbia subito un riscaldamento omogeneo e di conseguenza non vi sia alcuna differenza di temperatura tra la parete esterna della muffola e il nucleo.



Fig. 13 *Forme Trixpress: le sovrastrutture sovrappresse nei restauri tramite impianto, in particolare, richiedono spesso una forma della muffola di dimensioni maggiori. La tradizionale muffola da 200 g si scontra in questo caso con i propri limiti. Il sistema Dekema trixpress comprende dimensioni della muffola da 100 g, 200 g e 380 g, espressamente adattate alla funzionalità dell'Austromat 3001 press-i-dent e dell'Austromat 354 press-i-dent ma utilizzabili anche in altri forni di cottura*



Fig. 14 *Forme di consegna Trixpress: le tre dimensioni trasformano l'intero campo delle tecniche di pressatura e sovrappressatura, dalla corona singola fino al ponte a 14 elementi. Grazie al segnaposto monouso posizionabile individualmente è possibile lavorare fino a 30 g di ceramica e/o cinque diversi colori durante un processo di compressione. Tramite la distribuzione della ceramica su più piani si ottiene uno sfruttamento ottimale dei pellet di pressatura*



Fig. 15 *La superficie della muffola, in caso di utilizzo di un formatore per muffola in silicone, crea una superficie allargata. In teoria si presume che l'irradiazione del calore della serpentina riscaldante possa in tal modo riscaldare la muffola in modo migliore. In pratica, tuttavia, questo fattore ha un'influenza molto ridotta; la conducibilità termica della massa di rivestimento è molto più decisiva ai fini del risultato complessivo*



Fig. 16 *Sezione trasversale della muffola: in sostanza, più la massa di rivestimento è bollente, più spesso è lo strato di reazione. Dato che una muffola è sempre più fredda nel suo nucleo interno che sulla parete esterna, la formazione dello strato di reazione risulta qui inferiore*

Questa supposizione non è tuttavia corretta, poiché sussiste in realtà una notevole differenza di temperatura. La parete esterna più calda raggiunge infatti la temperatura finale desiderata, mentre il nucleo, in connessione alla conducibilità termica specifica della massa di rivestimento in questione, è fino a 80 °C più freddo (Fig. 15). In particolare per il processo di pressatura ciò significa che lo spessore dello strato di reazione nella lavorazione del disilicato di litio può variare in funzione della posizione del manufatto pressato all'interno della muffola (Fig. 16). In abbinamento a idonei programmi di cottura, a un design ottimizzato della camera di combustione e a una massa di rivestimento con una conducibilità termica ottimizzata, è possibile affrontare questa problematica in modo da impedire in maniera pressoché completo la formazione di uno strato di reazione (Figg. da 17 a 20).

Incomprensibilmente, però, questa importante proprietà non viene mai menzionata dai produttori nelle istruzioni di lavorazione. Come si è scoperto durante le ricerche per la stesura di questo articolo, l'importanza di tale caratteristica è sconosciuta a molti produttori.

Prodotto	Tempo di lavorazione (alla temperatura ambiente di 23 °C)	Durata di miscelazione sotto vuoto	Tempi di indurimento con tecnica Speed	Idoneità per pressoceramica e tecnica di fusione
Shofu Ceravety	6 min	60 s	20 min	Sì
Ivoclar PressVest Speed	4,5 min	180 s	40 min	No
GC MultiPressVest	6 min	60 s	20 min	No
Bego BellaCer	6 min	150 s	40 min	No

Dati dei produttori riferiti a muffole da 200 g



Fig. 17 Il risultato di pressatura dopo la sabbatura



Fig. 18 Il confronto di due masse di rivestimento con requisiti identici. Il risultato della massa di rivestimento Ceravety (nella foto a sinistra); in connessione alla ceramica a base di disilicato di litio, dopo il processo di smuffolamento in condizioni ottimali, non è presente alcuno strato di reazione. A differenza del prodotto per rivestimento raccomandato dal produttore della ceramica a base di disilicato di litio (nella figura a destra), la pressatura Ceravety è caratterizzata da una superficie più fine e da un'eccellente precisione del dettaglio nell'area dei bordi



Fig. 19 Precisione del bordo: la riproduzione precisa dei bordi viene garantita da un'esatta gestione dell'espansione della massa di rivestimento



Fig. 20 Confronto tra strati di reazione: la corona a sinistra presenta la superficie linguale in posizione più vicina al lato esterno della parete della muffola. Rispetto alla corona posizionata centralmente, la formazione dello strato di reazione risulta più spessa



Fig. 21 e 22 Frontale e linguale: l'adattamento della massa di rivestimento Ceravety direttamente dopo lo smuffolamento senza una lavorazione con strumenti rotanti



Fig. 23 Chiusura dei bordi: l'adattamento consente una lavorazione molto efficiente, dato che, a seconda della forma di preparazione, non sono necessarie correzioni sul manufatto oggetto di pressatura



Fig. 24 Risultato finale: la somma dei singoli componenti della catena di produzione porta, in caso di armonizzazione ottimale, a risultati finali estetici riproducibili. L'affidabilità, l'efficienza e la precisione della massa di rivestimento Ceravety fissano nuovi canoni di riferimento

Il confronto delle proprietà dei materiali evidenzia nette differenze nella lavorazione e nelle indicazioni. I tempi di indurimento più brevi, calcolati dall'inizio della miscelazione, sono presentati dai prodotti di Shofu (Ceravety) e GC (MultiPressVest) con soli 20 minuti. Le raccomandazioni dei produttori Ivoclar (PressVest Speed) e Bego (BellaCer) per una muffola da 200 g si collocano nella fascia superiore dell'ampiezza di lavorazione (30-40 min) e pertanto di durata doppia rispetto a Shofu o GC. Se a questi tempi si aggiunge anche la durata dei programmi di combustione dei diversi forni di pressatura, si possono riscontrare differenze di tempi totali fino a 40 minuti.

I tempi più rapidi sono di 120 minuti fino alla fine del ciclo di pressatura, mentre i tempi più lunghi sono di 160 minuti. Una caratteristica fondamentale di differenziazione è l'aspetto della ampiezza della gamma delle indicazioni. Ceravety è l'unica tra le masse di rivestimento Speed esaminate a essere multi-indicazione, ossia utilizzabile sia per tecnica di pressatura/sovrapressatura che per tecnica di fusione tradizionale.

Smuffolamento

Oltre alla vasta gamma di indicazioni e alla lavorazione, anche il processo di smuffolamento costituisce un ulteriore aspetto importante. La durezza della massa di smuffolamento dopo la procedura di pressofusione e lo spessore dello strato

di reazione con il manufatto pressofuso sono determinanti ai fini del dispendio di tempo durante il processo di smuffolamento. A seconda della massa di rivestimento utilizzata, tale tempo, con una muffola da 200 g, può ammontare fino a 15 minuti, in riferimento al materiale disilicato di litio.

In questo confronto, la massa di rivestimento Ceravety si distingue anche come il prodotto che garantisce i migliori risultati. La bassa pressione del getto necessaria causa in tal modo un minore stress per i manufatti pressati con spessori sottili delle pareti. Con la tecnica di sovrapressatura è possibile rivestire manufatti in metallo o ceramica (Figg. da 21 a 23).

In conclusione, la combinazione testata, ovvero massa di rivestimento Shofu Ceravety/forno di cottura Dekema nella lavorazione della ceramica a base di disilicato di litio, offre risultati eccellenti (Fig. 24):

- strato di reazione più ridotto tra tutti i prodotti testati
- tempi di indurimento molto brevi
- eccellente precisione di disegno
- tempi di smuffolamento brevi con ridotta pressione del getto
- conducibilità ottimale per la ceramica a base di disilicato di litio.

L'autore

Bernhard Egger
Wachsbleiche 15 • D-87629 Füssen
Tel. + 49 (0 83 62) 92 12 23
Egger@naturalesthetics.com