



[Resumen]

Los vidrios de silicato y las cerámicas vítreas están ganando terreno como materiales utilizados en odontología. Éstos se emplean para el recubrimiento estético del titanio, aleaciones de titanio, aleaciones de metales preciosos y aleaciones de metales no preciosos. Las cerámicas de silicato de alta resistencia, que se emplean para restauraciones de cerámica sin metal tanto en la región dental frontal como en la región lateral, contienen una alta proporción de leucita o cristales de disilicato de litio repartidos de forma homogénea con fines de refuerzo. Su coeficiente de dilatación térmica lineal se puede ajustar en gran medida al correspondiente material para armazones. Los vidrios de silicato y las cerámicas vítreas de silicato se caracterizan por sus excelentes propiedades estéticas, por su estabilidad en la boca y por su biocompatibilidad.

Palabras clave

Vidrios de silicato. Cerámicas vítreas de silicato. Propiedades químicas. Propiedades físicas.

(Quintessence Zahntech.
2007;33(4):448-56)

Cerámicas de silicato

Composición, propiedades, aplicación, valoración:
parte 1

Ralf Janda

Las cerámicas de silicato se emplean para el recubrimiento de armazones de cerámica con y sin metal o también para la fabricación de restauraciones de cerámica sin metal. En el lenguaje técnico de la odontología no se mantiene estrictamente la clara distinción científica entre vidrios, cerámicas vítreas y cerámicas. Por lo general, se emplea casi siempre el término *cerámica* incluso cuando se trata de vidrios o de cerámicas vítreas. Se puede decir que los límites son bastante vagos. Desde hace décadas, las cerámicas dentales (a las que para simplificar nos referiremos como cerámicas) han demostrado su eficacia desde el punto de vista clínico y técnico. La cerámica es un material que difícilmente puede ser superado por otros materiales en lo que respecta a:

- Estética.
- Higiene.
- Durabilidad.
- Compatibilidad tisular.

Introducción y aspectos generales

Tabla 1. Esquema de la historia de la cerámica dental

Año	Acontecimiento
1837	Primera fabricación de dientes artificiales en Inglaterra (Firma Ash Inc.)
1844	Fabricación de dientes artificiales en EE.UU. (Firma S. S. White Inc.)
1889	Incrustaciones de porcelana
1893	Fabricación de dientes artificiales en Alemania (Zahnfabrik Wienand & Söhne)
1922	Fabricación de dientes artificiales en Alemania (Vita Zahnfabrik)
1925/26	Corona de chaqueta de porcelana
1945	Cerámica deflagrable
1962	Sistema de deflagrado para aleación Degudent (Degussa AG)/metalocerámica de recubrimiento (VMK) (Vita Zahnfabrik)
1965	Sistema de deflagrado para aleación Herador (Heraeus GmbH)/Keramik Biodent Dentsply (GmbH Wienand & Söhne)
1985	Inicio de la era de la cerámica sin metal

Tabla 2. Campos de aplicación para las cerámicas dentales

■ Dientes artificiales
■ Incrustaciones, incrustaciones oclusales, carillas
■ Fundas y coronas de cerámica sin metal
■ Armazones para puentes y puentes de cerámica sin metal
■ Recubrimientos de armazones metálicos
■ Recubrimientos de armazones cerámicos

Ya en 1728, Fauchard estableció los primeros fundamentos de la cerámica dental. La tabla 1 muestra un breve esquema de la historia de la cerámica dental. La tabla 2 muestra los campos de aplicación en los que actualmente se emplean las cerámicas. Hasta la fecha no existe otro material tan apropiado para cubrir este amplio espectro de indicaciones y para satisfacer tantos requisitos como la cerámica. Estos requisitos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Requisitos de las cerámicas dentales

Aspectos sobre técnicas de elaboración y materiales
■ Alta densidad = sin poros
■ Capacidad de rectificado y pulido
■ Intervalo de fusión ideal (p. ej., estabilidad de la barbotina durante la cocción)
■ Temperatura de sinterización ideal (cerámica fundida para armazones de cerámica con o sin metal)
■ Resistencia a los cambios de temperatura
■ Mínima contracción durante la cocción (barbotina)
■ Alta resistencia, incluida la resistencia a la fatiga y resistencia a la rotura
Aspectos clínicos
■ Amplia gama de aplicaciones
■ Estética óptima
■ Estabilidad de forma y de color
■ Estabilidad en boca
■ Biocompatibilidad

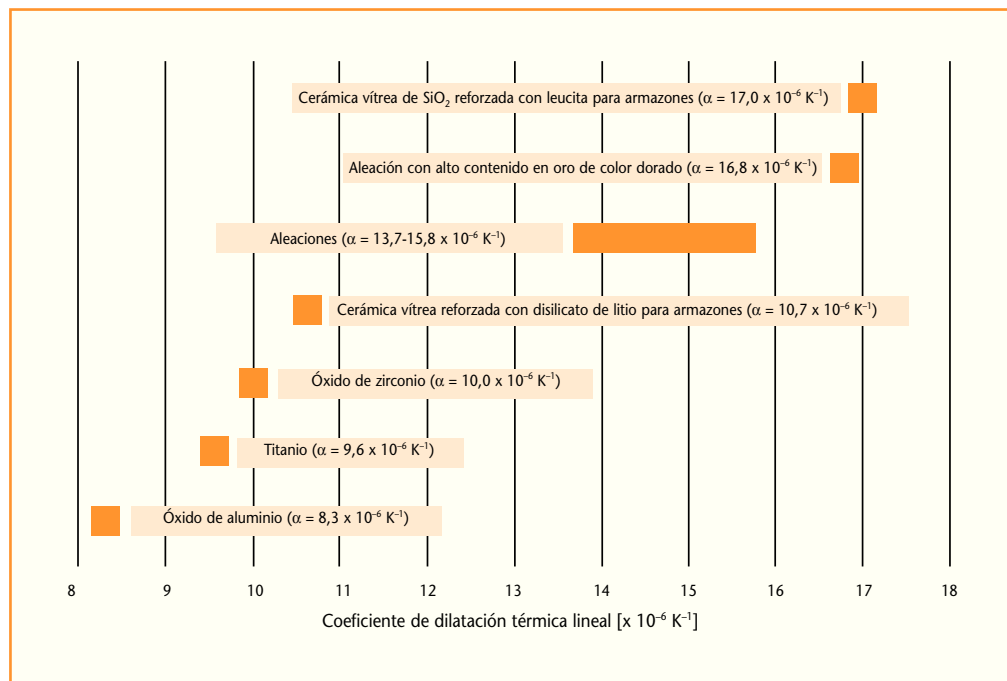


Fig. 1. Dilataciones térmicas de distintos materiales.

Las cerámicas de silicato, que sirven como «cerámicas deflagrables y de recubrimiento», deben subdividirse, con arreglo a los sistemas modernos de cerámica sin metal, primeramente en aquellas para armazones metálicos y en aquellas para armazones de cerámica sin metal. A continuación, se hace necesaria una subdivisión más detallada, puesto que las distintas aleaciones (aleaciones de metales preciosos y de metales no preciosos, titanio, aleaciones de titanio) y las distintas cerámicas (cerámicas de silicato, de óxido de aluminio, de óxido de zirconio) presentan distintos coeficientes de dilatación térmica. La cosa se complica aún más cuando se tiene en cuenta que dentro de las aleaciones de metales preciosos y dentro de las cerámicas pueden surgir dilataciones térmicas muy distintas en función de su composición. La figura 1 muestra este hecho de forma gráfica. A continuación, se describe cuáles son las posibilidades de adaptar consecuentemente las cerámicas de recubrimiento. Si se utilizan las cerámicas de silicato solamente para producir restauraciones de cerámica sin metal; éstas se diferencian por su grado de cristalinidad y el tipo de cristal establece también claras diferencias en las cerámicas deflagrables para metales.

La fabricación de cerámicas de silicato para la odontología se diferencia sustancialmente de la de las cerámicas de óxido de aluminio y de óxido de zirconio. Esto se debe principalmente a que las grandes firmas fabrican en gran medida el óxido de aluminio y de zirconio como cerámicas industriales para múltiples y distintas aplicaciones. Las empresas dentales compran estas cerámicas casi como materia prima y las modifican sólo con adiciones propias o las utilizan tal como les son suministradas (p. ej., como polvo de óxido de zirconio o como molde acabado Y-TZP sometido a HIP, compresión isostática a alta temperatura). La situación es notablemente distinta en el caso de las cerámicas de silicato. Éstas no se encuentran habitualmente en el mercado en las formas y composiciones

Fabricación

Tabla 4. Principales materias primas para las cerámicas dentales

Materias primas
■ Feldespato potásico $K[AlSi_2O_8]$ (mineral obtenido naturalmente)
■ Feldespato de sodio $Na[AlSi_3O_8]$ (mineral obtenido naturalmente)
■ Cuarzo SiO_2 (mineral obtenido naturalmente)
■ Caolinita $Al[(OH)_4/Si_2O_5]$
Aditivos
■ A_2O_3 (sintéticamente en forma pura)
■ B_2O_3 [como bórax $Na_4B_4O_7 \cdot 10 H_2O$]
■ Li_2O (como Li_2CO_3 o LiF)
■ Na_2O (como Na_2O_3)
■ K_2O (como K_2CO_3)
■ CaO (como $CaCO_3$)
Opacificantes/pigmentos
■ SnO_2 , opacificante (sintéticamente en forma pura)
■ Pigmentos como el óxido de cobalto (azul), titanio (amarillo), hierro (rojo), cromo (verde), plata (naranja), manganeso (violeta), oro (púrpura)

que se necesitan para las aplicaciones dentales, puesto que con estas especificaciones no son necesarias en otros campos de aplicación. Por tanto, para estas cerámicas tan especiales las empresas dentales se vieron y se ven obligadas a desarrollar y comercializar sus propias fórmulas y procesos de fabricación también especiales. La tabla 4 muestra las materias primas más importantes para la fabricación de cerámicas dentales. En ocasiones el feldespato de potasio o el feldespato de sodio no se utilizan en sus formas minerales tal como proceden de la naturaleza, sino que se añaden los elementos necesarios mediante la aplicación de cuarzo, A_2O_3 , Na_2O_3 o K_2CO_3 en las proporciones de cantidad requeridas. Por motivos publicitarios, algunos fabricantes denominan en consecuencia a sus productos como cerámicas «sintéticas», lo cual no sólo es equívoco, sino que además es falso^{2,3} (véase a este respecto «Fundamentos: partes 1 y 2» de esta serie). Puesto que muchas de las materias primas empleadas son de origen mineral natural, deben seleccionarse con el máximo cuidado para que el producto final cumpla con los más altos requisitos de calidad. Sobre todo hay que procurar que no contengan ninguna impureza ferrosa, ya que éstas pueden provocar una fuerte coloración de la cerámica después de la cocción. El proceso de fabricación es en principio el mismo para todas las cerámicas de silicato, independientemente de su posterior campo de aplicación. En primer lugar, las materias primas minerales se deben triturar en estado bruto con la maquinaria apropiada (tritadoras de mordazas, molinos de muelas verticales); a continuación, tiene lugar la segunda tritución en molinos especiales (como los molinos de bolas) hasta obtener un polvo fino. En el siguiente paso se eliminan las impurezas ferrosas de los polvos de la materia prima. Esto se efectúa colocando el polvo en suspensión con agua y a continuación se eliminan dichas impurezas mediante imanes. Con este proceso se pueden eliminar incluso las partículas más finas que quedan flotando en la superficie del agua cuando se deja reposar la suspensión acuosa. Seguidamente se centrifuga el agua y se seca el polvo.

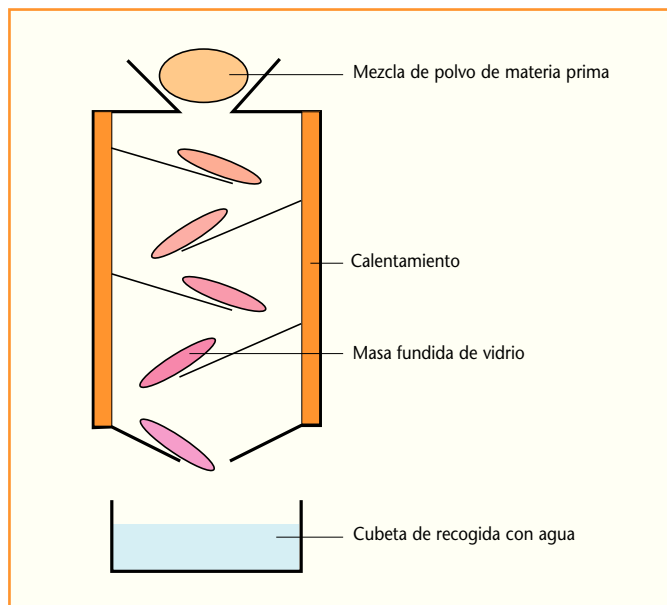
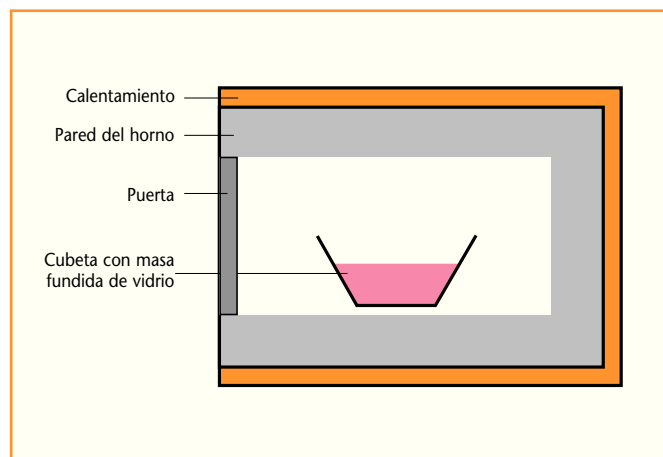


Fig. 2a. Horno de gas, esquema básico (versión de horno con conducto de caída).

Fig. 2b. Horno de cubeta, esquema básico.



Después se mezclan los polvos de las materias primas –molidos hasta un grano muy fino– en las proporciones de cantidad prescritas por las correspondientes fórmulas (p. ej., en molinos de bolas o en otros mezcladores apropiados). Las mezclas de materias primas se transforman en masas fundidas homogéneas en hornos de gas (fig. 2a) o en hornos de cubeta (fig. 2b) a 1.300 °C. En el horno de gas, la masa fundida discurre entre varias capas de fusión directamente hasta un recipiente con agua, donde se enfría bruscamente. Para la fabricación de la masa fundida vítrea en el horno de cubeta, se llena la cubeta de chamota con la mezcla de polvo de materia prima y se coloca en el horno calentado con gas o eléctricamente. Tras formarse una masa fundida homogénea en las cubetas, ésta se deja enfriar. A continuación, las cubetas llenas con la masa fundida enfriada se vuelven a someter a una temperatura de 700 a 800 °C durante algún tiempo para después enfriarlas bruscamente con agua. Esta fase de endurecimiento es necesaria para generar en el cristal una determinada estructura cristalina en una determinada cantidad; en este caso se trata de cristales de leucita. Debemos hablar aún de forma más precisa sobre la importancia de la leucita. Después de los procesos de enfriamiento brusco, los fragmentos de vidrio o cerámica vítrea obtenidos se pulverizan en molinos con unas proporciones de tamaño de grano especificadas con exactitud. El polvo obtenido mediante el proceso descrito se denomina «prefrita». De las propiedades de esta prefrita no sólo son responsables las proporciones de cantidad de las materias primas empleadas y las proporciones de tamaño de grano empleadas en el proceso de molido, sino también el tipo y el calentamiento de los hornos elegidos. Así, por ejemplo, para la posterior tendencia de coloración verdosa durante el deflagrado de cerámicas basadas en aleaciones de plata, resulta decisivo el hecho de que las prefritas se hayan producido en atmósferas oxidantes o de reducción y el hecho de que la masa fundida se haya sometido inmediatamente a un enfriamiento brusco en agua o que el cristal enfriado no se haya sometido después a un calentamiento para fundirlo de nuevo. Llegados a este punto, debe indicarse de manera clara e inequívoca que las prefritas obtenidas de este modo son produc-

tos sintéticos completamente nuevos e independientes y que además poseen unas propiedades materiales específicas y propias. Éstas ya no poseen las propiedades de las materias primas empleadas o cualquier otra característica de éstas. Las materias primas de la masa fundida se han transformado en una sustancia sintética completamente nueva. La aclaración de este punto es muy importante para el autor, puesto que en la bibliografía siempre se encuentran exposiciones que discuten la influencia del feldespato, cuarzo o caolinita en las propiedades materiales o de elaboración técnica de las cerámicas dentales; tales exposiciones son completamente obsoletas.

El empleo de pigmentos cerámicos puede ser distinto. Raras veces éstos se añaden directamente a una mezcla de las prefritas. Por lo general, se mezclan el correspondiente pigmento y también el opacificante con feldespato molido y limpio, y se elabora una fritta homogénea y sometida de nuevo a un molido fino. Las fritas de color obtenidas de este modo pueden emplearse después en dosis exactas para colorear el producto final. Para la fabricación de la mezcla de polvo final, que ya puede ser procesada por los prótesis dentales, se mezclan, en función de la propiedad que se desee obtener, distintas prefritas y fritas de color en mezcladores apropiados. Así, por ejemplo, calculando la proporción de tamaño de grano empleada (mezcla de fritas con distintas proporciones) se puede influir en el comportamiento de modelado de la barbotina y en su estabilidad durante la cocción, así como en la tendencia a la formación de fisuras durante la cocción y en menor medida incluso en la contracción por la cocción. La dilatación térmica también se puede ajustar según se desee mediante la elección precisa de las prefritas. Los productos acabados pueden entonces comercializarse como mezclas en polvo, que mediante la técnica de modelado libre pueden elaborarse como barbotina, o también como moldes, que en los procesos de copiado o de CAD/CAM pueden trabajarse mediante el rectificado, el fresado o procesos de compresión.

Clasificación, composición, propiedades

La figura 3 muestra la clasificación de las cerámicas dentales de silicato que sirven como cerámicas de recubrimiento o cerámicas sin metal. Las cerámicas de recubrimiento pueden subdividirse de nuevo en aquellas para el recubrimiento de metales y en aquellas para el recubrimiento de armazones de cerámica sin metal. Tanto para las cerámicas silicatadas sin metal como para las cerámicas de recubrimiento existen una serie de requisitos básicos, a saber:

- Gran fuerza de adherencia a la cerámica para armazones o a la cerámica de recubrimiento.
- Propiedades estéticas óptimas.
- Dilatación térmica similar al material para armazones.
- Temperatura de cocción claramente inferior al punto de reblandecimiento del material para armazones.
- Muy buena estabilidad en boca.
- Muy buena biocompatibilidad.

Las resistencias a la flexión de las cerámicas de recubrimiento se sitúan en el rango entre 70 y 120 MPa, que en el caso de las cerámicas silicatadas sin metal pueden alcanzar valores de hasta 300 MPa. La tabla 5 ofrece una sinopsis sobre las resistencias de las ce-

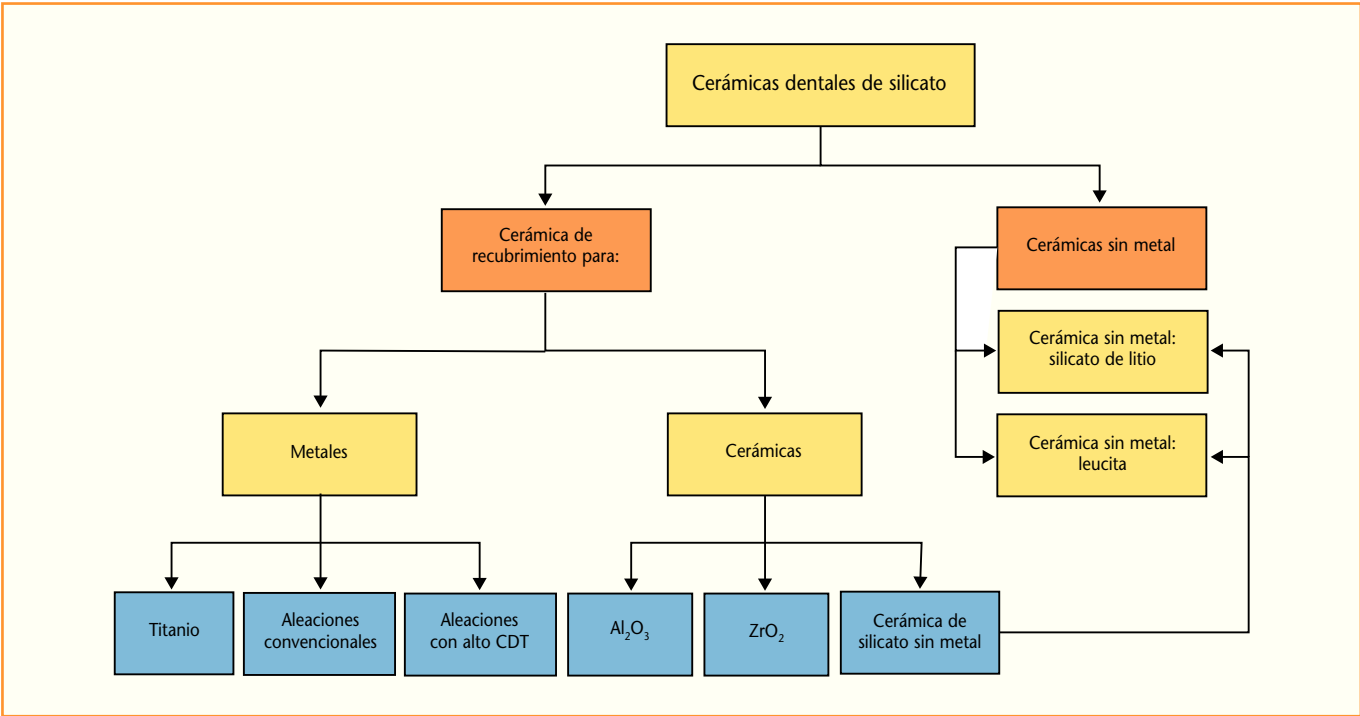


Fig. 3. Tipos de cerámicas dentales de silicato. CDT: coeficiente de dilatación térmica.

Propiedad	Valor característico (MPa)
Resistencia a la flexión	100-140
Resistencia a la presión	800-1.000
Resistencia a la tracción	40-100
Módulo de elasticidad	60.000-130.000

Tabla 5. Algunas propiedades físicas de las cerámicas de recubrimiento (según Gehre¹)

rámicas de recubrimiento¹. En lo que respecta a las cerámicas sin metal, véase el capítulo «Cerámicas sin metal». La estabilidad química de todas las cerámicas dentales (aprox. 9 µg·cm⁻²) es muy buena y sus propiedades no son tema de discusión, pues se recogen en la norma EN ISO 9693. Por tanto, su biocompatibilidad puede calificarse como muy buena.

A continuación, se trata una serie de importantes aspectos específicos de las cerámicas dentales de silicato.

Todas las cerámicas de recubrimiento constan de masas opacas, cervicales, dentinales y de corte o de esmalte. Cabe mencionar también las distintas masas complementarias de coloración y de efecto. En el caso de las cerámicas de recubrimiento para armazones de cerámica sin metal, se puede prescindir por lo general de las masas opacas, puesto que éstas a menudo ya cuentan con una precoloración dental. La tabla 6 muestra, a modo de ejemplo, las composiciones oxídicas de una masa opaca y de recubrimiento para cerámicas de recubrimiento.

Cerámicas
de recubrimiento

Tabla 6. Composición oxídica básica de masas de cerámica de recubrimiento en porcentaje

Óxido	Masa opaca (%)	Masa de recubrimiento (%)
SiO ₂	53,64	60,90
Al ₂ O ₃	18,18	19,36
Fe ₂ O ₃	0,03	0,05
TiO ₂	2,98	0,26
CaO	1,32	1,91
K ₂ O	9,35	9,66
Na ₂ O	6,35	7,34
F ₂	0,25	0,26
ZrO ₂	1,36	–
SnO ₂	4,76	–
B ₂ O ₃	1,34	–

Las propiedades comunes a todas las cerámicas de recubrimiento afectan esencialmente a las posibilidades estéticas. En éstas se engloban los parámetros del color, estabilidad del color, transparencia/opacidad, fluorescencia y opalescencia. Los aspectos del color, transparencia u opacidad se han resuelto de forma óptima con las actuales cerámicas de recubrimiento. Existe una gran variedad de masas cerámicas coloreadas en distintos colores dentales, que se pueden obtener en todos los niveles de transparencia requeridos, desde completamente opacas (masas base o masas opacas) hasta completamente transparentes (masas Transpa). Tampoco supone ningún problema producir una fluorescencia natural idéntica a la de los dientes por medio de pigmentos especiales biológicamente inofensivos que hacen que no se puedan distinguir las restauraciones de los dientes naturales incluso bajo la luz ultravioleta (p. ej., en una discoteca o en un solarium). La estabilidad del color de las cerámicas de recubrimiento incorporadas persiste de forma excelente durante décadas. En cambio, no ocurre lo mismo en lo que respecta a la llamada coloración verde que puede aparecer a veces en aleaciones con alto contenido en plata durante el proceso de deflagrado. Ésta puede evitarse mediante las medidas de elaboración técnica apropiadas, que se tratan en los siguientes capítulos.

Por razones estéticas, la opalescencia es una característica frecuentemente deseada, particularmente para las masas de corte y Transpa. La opalescencia es un efecto de turbidez especial que sólo se puede crear en vidrios. Con ello se entiende la aparición de la doble coloración de un cristal de alta dispersión que apenas muestra ninguna turbidez visible, pero que a trasluz se muestra entre amarillo rojizo y amarronado y, si se observa bien, aparece entre violeta y azulado. Esta doble coloración se explica porque en una observación mediante un sistema de alta dispersión se ve a simple vista una luz azul dispersada, mientras que a trasluz se percibe la luz que traspasa como amarilla rojiza. ¿Cómo se llega a este efecto y qué se entiende por un sistema de alta dispersión? Un cristal de alta dispersión con efecto de turbidez surge cuando existe una segunda fase de distribución muy fina en el cristal, en el que la fase dispersada y el medio de dispersión (cris-

tal) poseen distintos índices de refracción y no muestran ninguna coincidencia en ninguna longitud de onda. En este caso resulta irrelevante que la fase dispersa de distribución fina sea vítrea amorfa o cristalina. Al pasar simultáneamente un rayo de luz a través de semejante cristal y una partícula dispersada, éste se refracta a la entrada y a la salida, y se desvía lateralmente. Si el tamaño de la partícula dispersada es más pequeño que la longitud de onda de la luz irradiada, entonces surge la opalescencia. En general, la física de los cristales con turbidez es bastante compleja; para obtener más detalles, consulte la bibliografía⁴.

1. Gehre GiK HF, Eichner K. Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Kapitel: Keramische Werkstoffe. Heidelberg: Hüthig Verlag, 1996.
2. Janda R. Gläser, Glaskeramiken und Keramiken. Teil 1: Grundlagen. Quintessenz Zahntech 2006; 32(11):1264-1273.
3. Janda R. Gläser, Glaskeramiken und Keramiken. Teil 2: Grundlagen. Quintessenz Zahntech 2007; 33(2):186-194.
4. Vogel W. Glaschemie. 3. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 1992.

Bibliografía

Prof. Dr. Ralf Janda.

Heinrich-Heine-Universität, Westdeutsche Kieferklinik, Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Alemania.

Correo electrónico: Ralf.Janda@uni-duesseldorf.de

Correspondencia