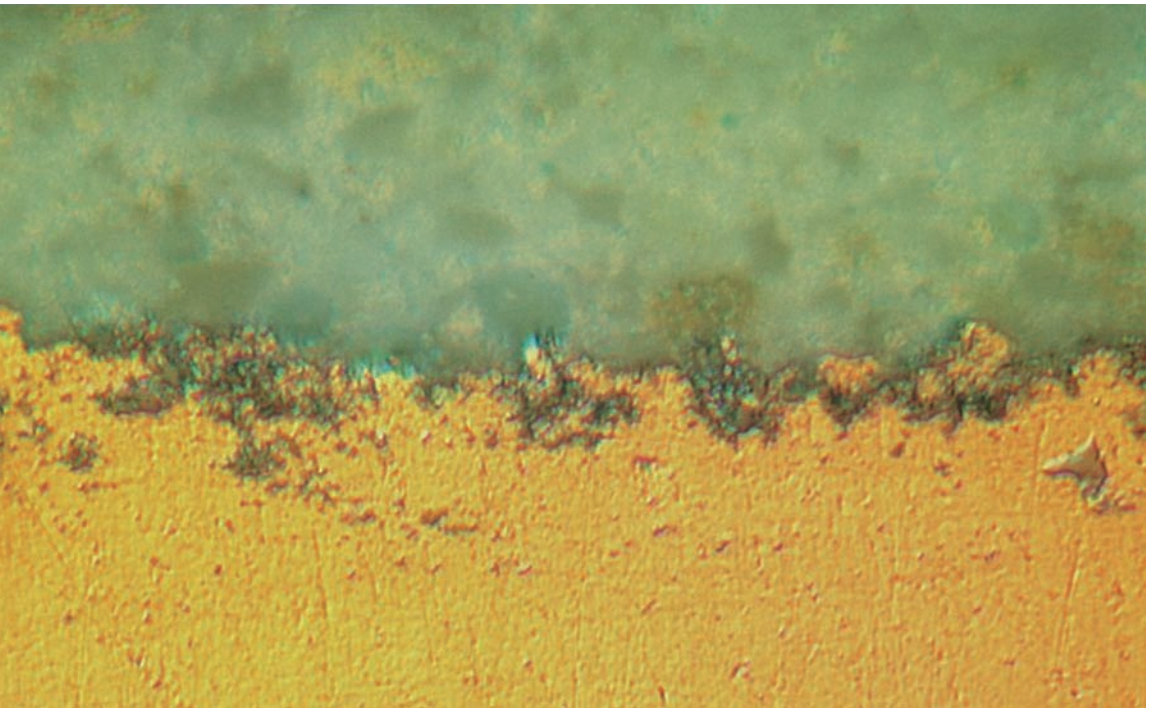

Comprobación de la fuerza de adherencia de sistemas metalocerámicos

Anja Schnettger, Isabella-Maria Zylla y Heinrich F. Kappert

[Resumen]
Para valorar la calidad de la unión de la metalocerámica IPS InLine con 31 aleaciones de Ivoclar Vivadent se llevaron a cabo tres experimentos diferentes. La fuerza de la unión adhesiva se determinó mediante una prueba de flexión en tres puntos según Schwickerath con seis elementos de prueba estándar en cada uno, según la norma EN ISO 9693. Para la prueba de carga por cambios de temperatura (CCT) se eligieron seis aleaciones y se hicieron con cada una de ellas cuatro puentes para dientes anteriores (del 21 al 23) y cuatro puentes para dientes posteriores (del 24 al 26). Además, se determinó la influencia de la cocción del óxido y de la cerámica sobre las variaciones en la superficie límite metálica producidas por procesos de oxidación internos con y sin recubrimiento en imágenes de cortes metalográficos.

Palabras clave
Prueba de flexión en tres puntos. Examen de la zona de unión. Prueba de carga por cambios de temperatura. Metalocerámica IPS InLine. Aleaciones.

(*Quintessenz Zahntech.* 2006;32(7):732-8)

Introducción

La compatibilidad de las aleaciones con la cerámica de recubrimiento (fig. 1) es un requisito indispensable para el uso exitoso de sistemas metalocerámicos para prótesis dentales y para la atención del paciente. Por esa razón, la ciencia ha desarrollado métodos de investigación que permiten, por medio de métodos de medición normalizados[2] (EN ISO 9693), comparar diversos sistemas de unión metalocerámica. Muchas veces, estas pruebas no tienen nada que ver directamente con la realidad de los laboratorios protésicos. Por eso es importante que, además de estas pruebas normalizadas, se realicen investigaciones en las que se examine detenidamente el trabajo protésico. La prueba de carga por cambios de temperatura (prueba CCT) es una prueba en la que se someten puentes a diferentes temperaturas elevadas y luego se enfrían bruscamente en agua helada hasta que se rompen. Estos resultados reflejan la compatibilidad de los sistemas de unión metalocerámica como los experimentan las prótesis.

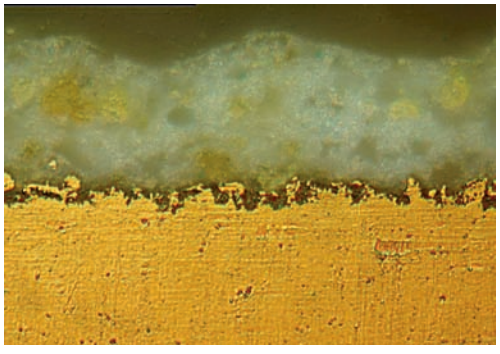

Fig. 1. Zona de unión/capa de óxido de Brite Gold XH con IPS InLine, aumento 500:1.

Materiales y métodos

Materiales

Para la prueba de flexión en tres puntos según la norma EN ISO 9693[2] se eligieron 31 aleaciones de la empresa Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein. Se trata del grupo de aleaciones IPS d.SIGN, aleaciones de alto contenido en oro, bajo contenido en oro y a base de paladio. Además se probaron aleaciones sin metales preciosos, a base de níquel y cobalto. Se eligieron seis de estas 31 aleaciones deflagrables para la prueba de carga por cambios de temperatura, que corresponden a las más usadas de cada grupo de aleaciones. Para todas las combinaciones de materiales se eligió la cerámica IPS-InLine como material de recubrimiento.

Todos los materiales se procesaron siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante. Para el experimento, la mitad de los recubrimientos sobre puentes Brite Gold XH, IPSd.SIGN 53 y 30 se sometieron a cocción con tiempo prolongado de enfriamiento y la otra mitad sin este tiempo prolongado para poder determinar posibles diferencias en la prueba de carga por cambios de temperatura determinadas por estas medidas.

Prueba de flexión en tres puntos

La prueba de flexión en tres puntos se encuentra descrita en la norma EN ISO 9693[2]. Las medidas del elemento de prueba están determinadas con exactitud y se respetaron en este estudio (fig. 2). Se probó una serie de seis planchas de cada una de las combinaciones de materiales.

Mediante un dispositivo de sujeción se colocaron las planchas con una anchura apoyo de 20 mm. Las muestras se colocaron con la capa cerámica hacia abajo, ubicada en el medio de los soportes. El dispositivo con la muestra se colocó en la máquina de prueba (tipo 1455, Zwick, Ulm, Alemania) y se cargó de forma simétrica con una velocidad de avance de 1,5 mm/min hasta lograr la separación de la unión (fig. 3). Con el método de elementos finitos (MEF) se calculó teóricamente la relación entre la fuerza de flexión y la tensión de fractura en la zona del límite de la unión metalocerámica (fig. 4), de manera que según esta teoría[5] se puede calcular la fuerza de adherencia. El algoritmo para estos cálculos se describe en la norma EN ISO 9693[2].

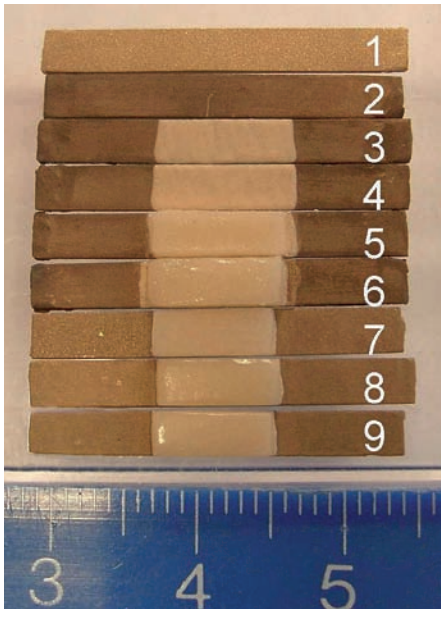

Fig. 2. Planchas de Brite Gold XH.

1: tratamiento con chorro de arena

2: después de la cocción del óxido

3: después de la cocción de lavado

4: después de la cocción del opáquer

5: después de la primera cocción de dentina

6: después de la segunda cocción de dentina

7: después del acabado con disco de diamante y disco de goma

8: después de la primera cocción de vidriado

9: después de la segunda cocción de vidriado

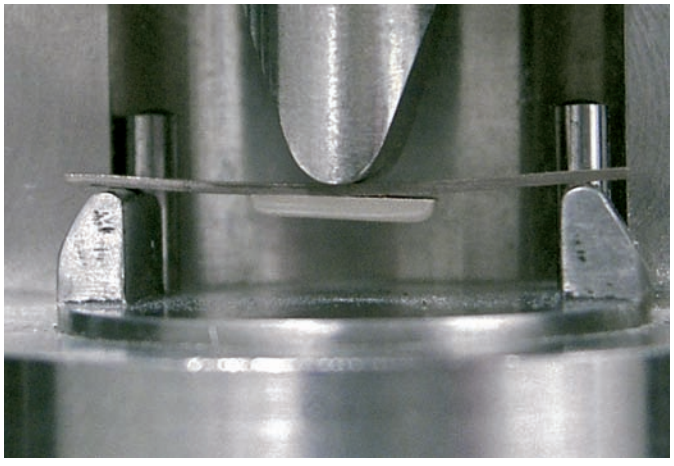

Fig. 3. Deterioro en un extremo del recubrimiento cerámico.

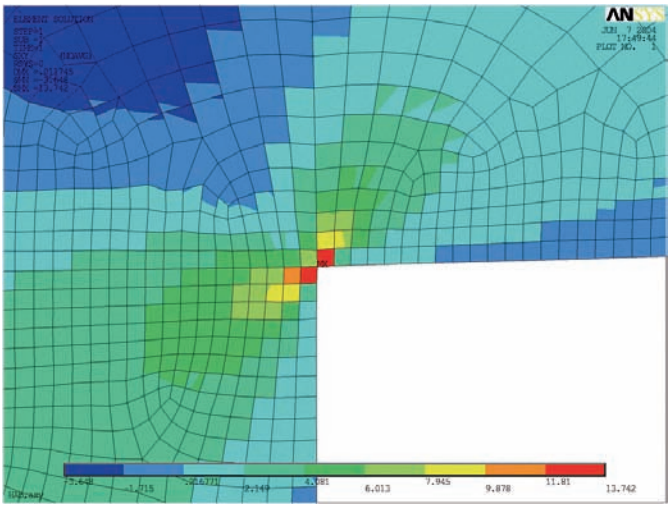

Fig. 4. Dispersión de la tensión en dirección xy en las proximidades del borde de unión.

Figs. 5 y 6. Puente de dientes anteriores y puente de piezas posteriores para la prueba CCT.

Examen de la zona de unión

Las muestras de cada combinación de materiales con los valores máximos y mínimos de fuerza de unión se incluyeron en el material sintético de forma paralela a su eje mayor y se obtuvo un corte transversal a través de la zona de unión por medio de separación, fresado y pulido. Para una mejor visualización de la capa de óxido interna en la superficie metálica limítrofe de la zona de unión, se usó un microscopio de iluminación vertical con filtros de polarización en las muestras pulidas, no rugosas. Se eligió una zona representativa de la zona de unión de cada muestra y se documentó fotográficamente con un aumento de 500:1 (véanse las figs. 1, 7, 9 y 13). Para poder establecer posteriormente posibles diferencias, también se fotografió la capa de óxido de una zona sin recubrimiento de la muestra metálica (véanse las figs. 8, 10 y 14).

Prueba de carga por cambios de temperatura (CCT)

Los puentes numerados (figs. 5 y 6) se colocaron en una cubeta refractaria en un horno para calentar a 90 °C. Después de 15 minutos, los puentes se enfriaron en agua helada. Una vez completamente secos, los puentes se colocaron nuevamente en el horno y se dejaron enfriar posteriormente a temperatura ambiente. Los puentes se examinaron bajo luz natural en busca de roturas o grietas. Se separaron los puentes deteriorados y se registró la temperatura a la que se enfriaron. Los puentes intactos se devolvieron al horno a una temperatura 10 °C superior y se repitieron todos los pasos. La investigación prosiguió hasta alcanzar una temperatura de 160 °C.

Resultados

Prueba de flexión en tres puntos

Todas las combinaciones de materiales proporcionaron valores de fuerza de unión por encima de la norma exigida de 25 MPa. El grupo de aleaciones IPS d.SIGN, que abarca todos los tipos de aleaciones, alcanzó un promedio de 54 MPa. Las aleaciones de alto contenido en oro, bajo contenido en oro y a base de paladio mostraron valores de alrededor de 55 MPa. Las aleaciones a base de níquel o cobalto dieron los valores más reducidos de fuerza de unión, con valores promedio de 42 MPa (tabla 1).

Tabla 1. Comparación de los valores de fuerza de unión con valores conocidos de la bibliografía

Grupo de aleaciones	Valores obtenidos en MPa	Valores de la bibliografía en MPa
Aleaciones de alto contenido en oro	47 a 65	45 a 60
Aleaciones de bajo contenido en oro	47 a 60	35 a 62
Aleaciones a base de paladio	49 a 70	43 a 60
Aleaciones a base de níquel o cobalto	41 a 44	38 a 60

La desviación típica de todas las combinaciones de materiales fue como mucho de 6 MPa, lo que indica una baja dispersión de los valores de medición.

Examen de la zona de unión

Dentro de una misma combinación de materiales, la profundidad de la capa de óxido interna en la superficie metálica límite de la zona de unión no mostró ninguna diferencia significativa entre los valores más bajos y más altos de fuerza de unión. Sin embargo, en una misma muestra, la capa de óxido era menos gruesa en las zonas recubiertas que en las no recubiertas.

Por término medio, las capas de óxido de las zonas recubiertas de todas las combinaciones de materiales tenían un grosor de 12 µm (fig. 7). En las zonas descubiertas, era más gruesa (fig. 8). La excepción fue el grupo de aleaciones sin metales preciosos. En este caso, el grosor de la capa alcanzó apenas 3 µm (fig. 9). En las zonas sin recubrimiento, las capas de óxido alcanzaron grosores de alrededor de 9 a 23 µm (fig. 10).

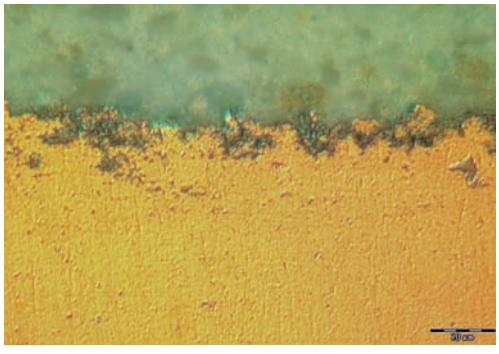

Fig. 7. Zona de unión/capa de óxido de IPS d.SIGN con IPS InLine, aumento 500:1.

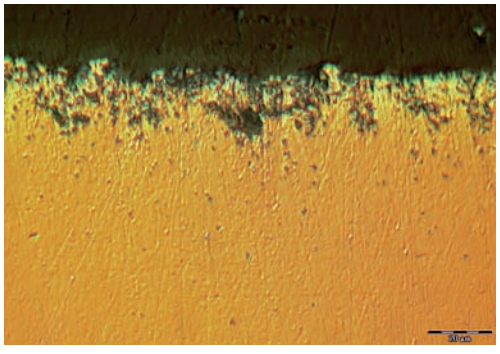

Fig. 8. Formación de la capa de óxido sobre IPS d.SIGN sin recubrimiento de IPS InLine, aumento 500:1.

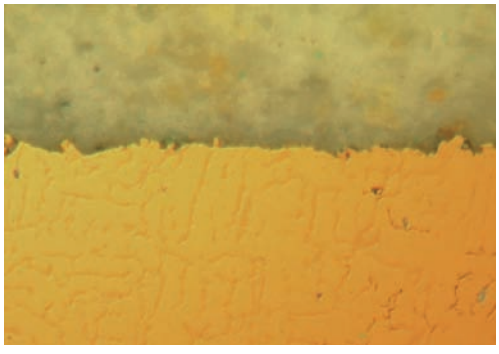

Fig. 9. Zona de unión/capa de óxido de IPS d.SIGN 30 con IPS InLine, aumento 500:1.

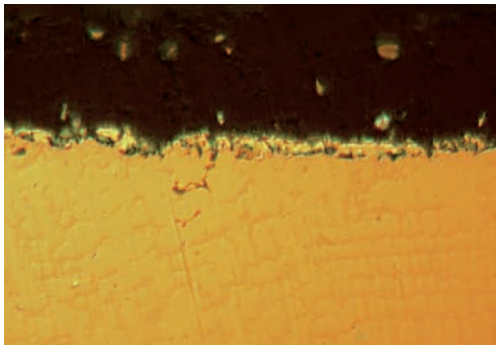

Fig. 10. Formación de la capa de óxido sobre IPS d.SIGN 30 sin recubrimiento de IPS InLine, aumento 500:1.

Prueba de carga por cambios de temperatura (CCT)

La prueba CCT no está normalizada, pero a pesar de ello se cuenta entre las pruebas de uso corriente para probar la fuerza de adherencia de los recubrimientos de cerámica. La valoración de esta prueba se lleva a cabo según un sistema propio de la empresa, elaborado con el paso de los años. Según este sistema, los puentes metalocerámicos que soportan una diferencia de temperatura de 130 a 150 ºC sin romperse se consideran «buenos». Los puentes en los que la fractura se produce por una diferencia de más de 150 ºC se califican como «muy buenos» (ejemplos de IPS d.SIGN 30 en las figs. 11 y 15).
Las combinaciones probadas de materiales recibieron, según este estándar interno, calificaciones de «bueno» a «muy bueno». No se encontró ninguna diferencia mensurable entre las muestras sometidas a cocción con y sin tiempos prolongados de enfriamiento. Únicamente para el sistema de unión metalocerámico IPS d.SIGN 91/IPS InLine se pudo alcanzar una diferencia de temperatura de 120 ºC.

Fig. 11. Puente fracturado de IPS InLine sobre IPS d.SIGN 30.

Discusión

Prueba de flexión en tres puntos

En la norma EN ISO 9693[2] se exige un valor mínimo de 25 MPa para la fuerza de unión. Todas las combinaciones probadas de materiales tenían por lo menos 41 MPa y por lo tanto superan en 16 MPa el valor estándar. La escasa dispersión de los valores de medición indica las mismas condiciones estables durante la fabricación, de manera que los resultados pueden considerarse representativos (fig. 12).
No se encontraron diferencias significativas con los valores que figuran en la bibliografía[1,5,6]. La combinación de cerámica IPS InLine con las aleaciones de Ivoclar Vivadent cumple por lo tanto con los requisitos de la norma y pueden considerarse compatibles.

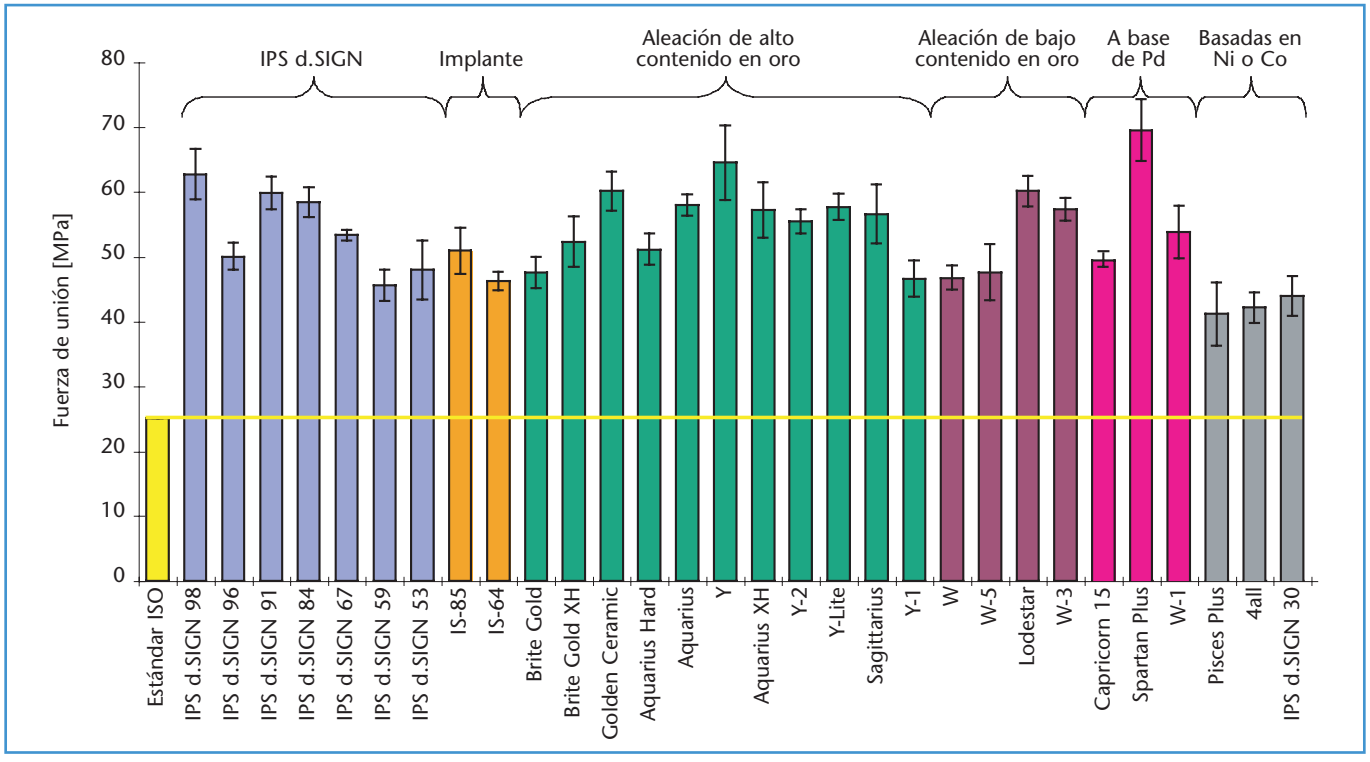

Fig. 12. Fuerza de unión de las diferentes aleaciones con IPS InLine.

Examen de la zona de unión

El examen de la zona de unión demuestra que todas las aleaciones forman una capa de óxido interna durante los diferentes tratamientos térmicos para el recubrimiento cerámico. No se encontraron diferencias significativas dentro de una misma combinación entre los valores mínimos y máximos de fuerza de unión. Las mediciones del grosor de capa han demostrado, en efecto, que la capa de óxido era más gruesa en las zonas no recubiertas de las muestras. Esto es válido para todas las combinaciones (figs. 13 y 14).
Durante la combustión del óxido se forma una capa de óxido en la superficie. Cuando se deflagra la cerámica sobre la superficie, el recubrimiento actúa como sellador. Durante las siguientes cocciones, el oxígeno no puede entrar en contacto con la superficie metálica, de tal forma que se impide la oxidación adicional. En las zonas sin recubrimiento, el metal sigue estando disponible para el oxígeno y la oxidación prosigue sin inconvenientes. Las investigaciones de Kappert et al[3,4] demuestran que las superficies metálicas que quedan sin recubrimiento después de la cocción de la cerámica tienen una tasa más alta de corrosión. Debido a estos procesos de corrosión, es importante el tratamiento ulterior de la capa de óxido de las zonas no recubiertas de la reconstrucción antes de su incorporación para impedir un aumento del desprendimiento de iones. Esta situación es particularmente importante en los bordes marginales de las coronas, que por lo general se pueden elaborar poco o nada. Así puede producirse una coloración del borde gingival en el borde de la corona. En el caso de las aleaciones con metales nobles, la capa de óxido puede eliminarse fácilmente y con rapidez mediante decapantes como por ejemplo PCT AScid. Para evitar con mayor seguridad estos efectos resulta útil un hombro de cerámica.

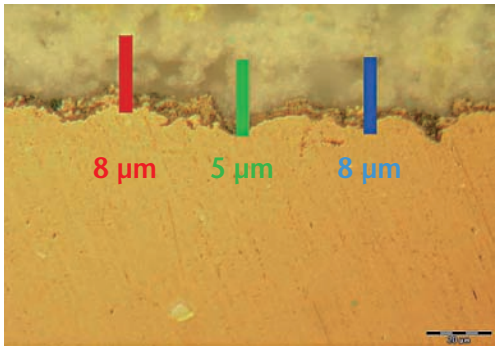

Fig. 13. Capa de óxido sobre la superficie de la aleación bajo la cerámica IPS InLine después de ocho ciclos de cocción.

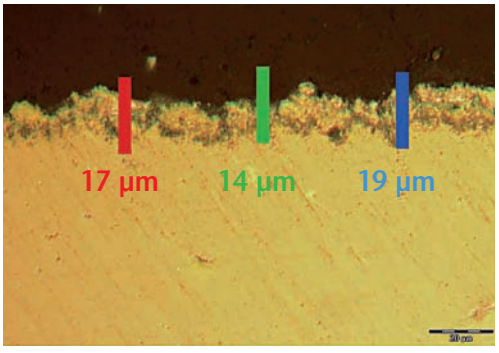

Fig. 14. Capa de óxido sobre la superficie de la aleación no recubierta con cerámica después de ocho ciclos de cocción.

Prueba de carga por cambios de temperatura (CCT)

La prueba CCT es un procedimiento que determina las tensiones térmicas que permanecen en una combinación de materiales. Los trabajos protésicos experimentan las mayores tensiones térmicas durante su elaboración en el laboratorio. Las tensiones dependen, además de las diferencias de temperatura, del grosor de la capa cerámica y del coeficiente de expansión térmica (CET) de los miembros que componen la unión. Las tensiones aumentan con el aumento del grosor de la cerámica en comparación con el soporte y cuanto mayor es la diferencia entre los CET de los componentes.
Todas las combinaciones de materiales, incluso los puentes sometidos a cocción sin tiempo prolongado de enfriamiento (a pesar de las recomendaciones), se valoraron en la prueba como buenas o muy buenas. Los puentes que presentaron grietas después de la primera cocción de dentina se quebraron por enfriamiento de 150 o 160 ºC, o bien

permanecieron intactos después de este último ciclo. Durante la fabricación pueden introducirse en la restauración tensiones residuales que en condiciones clínicas conducen a la rotura. Por consiguiente, puede ser muy conveniente que aparezcan grietas durante la fabricación, que se sellarán durante las siguientes cocciones y conseguirán una descarga de tensiones en la pieza. Seguramente este concepto no será aceptado por los protésicos dentales, ya que ellos valoran, además de la manipulación, la calidad de la masa cerámica en relación con los defectos que aparecen durante la fabricación. En esta investigación pudieron eliminarse las tensiones elevadas, producidas por una capa muy gruesa, porque todos los recubrimientos de los puentes se hicieron con la ayuda de una llave de silicona. Las tensiones muy elevadas debidas a una gran diferencia de CET como causa de una rotura prematura también pudieron evitarse con la elección de las combinaciones de materiales para esta investigación. Las piezas fueron fabricadas por la misma persona y bajo las mismas condiciones constantes, de modo que las desviaciones relacionadas con la fabricación pudieron ignorarse.

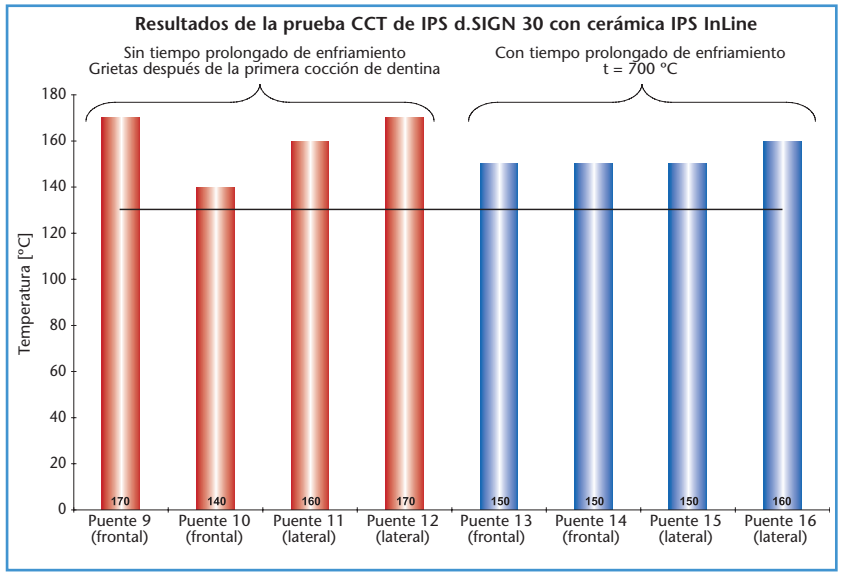

Fig. 15. Resultados de la prueba CCT de IPS d.SIGN 30 con IPS InLine.

Conclusiones

En conclusión, puede afirmarse que las 31 aleaciones probadas de la empresa Ivoclar Vivadent son compatibles con la cerámica IPS InLine (Ivoclar Vivadent) y pueden recubrirse con ella. Si se siguen las indicaciones del fabricante, no aparecen grietas prematuras durante la elaboración en el laboratorio protésico ni en condiciones clínicas y se logran resultados reproducibles.

Estas investigaciones se realizaron en el marco de un trabajo de tesis en la Universidad de Osnabrück (Alemania) y con el amable apoyo de la empresa Ivoclar Vivadent.

Bibliografía

1. Dörfler B, Fleetwood P, Fischer J: Prüfung dentaler Edelmetall-Gusslegierungen. Quint Zahntech 1995;21:813-824.
2. EN ISO 9693:2000 Dentale restaurative Metallkeramiksysteme.
3. Kappert HF: Das spezielle Problem der PdCu-Legierungen. Phillip J 9:411 (1993).
4. Kappert HF, Schwickerath H, Bregazzi J, Veiel S, Hölsch W. Beeinträchtigung der Korrosionsfestigkeit durch den Aufbrennprozeß. Dent Labor 43:65-76(1995)
5. Lenz J, Schwarz S, Schwickerath H, Sperner F, Schäfer A: Bond Strength of Metal-Ceramic Systems in Three Point Flexure Bond Test. J Applied Biomater 1995;6:55-64.
6. Schwickerath H, Molsleh I. Verbundfestigkeit und Korrosionslösungen. Dtsch Zahnärztl Z 1995;40:1126-1128.
7. Wirz J, Schmidli F, Förster FW: Haftoxide. Quint 1994;45:1279-1290.

Correspondencia

Dipl. Ing. Anja Schnettger, z. Z.: Peddenbrink 138, 44339 Dortmund.
Prof. Dr. Isabella Zylla, FH Osnabrück, Postfach 1940, 49009 Osnabrück.
Prof. Dr. Heinrich Kappert, Ivoclar Vivadent AG, Bendererstrasse 2, 9494 Schaan, Liechtenstein.