



EXCELENCIA EN FUNDICIÓN:

UNIENDO EL ARTE Y LA CIENCIA

Johnson Campideli Fonseca



SOBRE EL AUTOR:

El Prof. Johnson Campideli Fonseca es licenciado en Odontología por el Centro de la Universidad de Lavras (UNILAVRAS - Lavras - MG) y realizó el Máster y Doctorado en la Facultad de Odontología de Piracicaba - UNICAMP. Actuó en estos cursos en la investigación en el campo de la fundición de aleaciones metálicas y cerámicas. Como propietario de laboratorio protésico, ha tratado de aplicar la ciencia en el trabajo del día a día, acercándose al trabajo diario y manteniendo contacto con técnicos de prótesis dental. Actualmente es profesor en el Centro Universidad de Lavras en las Disciplinas de Clínicas Integradas I, II, III y IV y actividades de pre-clínicas actuando como Supervisor Clínico del Curso de Odontología.

ÍNDICE

Fundición: Entender el proceso en su conjunto.....	5
Moldes y obtención de modelos de yeso.....	6
Ceras, encerado y montaje de los patrones	8
<i>Ceras y encerado</i>	8
<i>Montaje de los patrones</i>	12
Revestimientos para fundición odontológica	14
<i>Composición y propiedades</i>	14
<i>Líquido</i>	14
<i>Polvo</i>	15
<i>Resistencia mecánica del revestimiento unido por fosfato</i>	15
<i>¿Por qué y cómo controlar la expansión?</i>	16
<i>Dosificación y espatulado</i>	17
<i>Cilindros y vaciado de revestimientos</i>	18
<i>¿Por qué y cómo hacer el pre-calentamiento del bloque?</i>	19
<i>Técnica de calentamiento convencional (Técnica de calentamiento lento o por etapas)</i>	19
<i>Técnica de calentamiento rápido</i>	20
<i>¿Cómo ocurre la eliminación de cera y/o resina acrílica?</i>	22
Metales, aleaciones y fundición.....	24
<i>El equipo de fundición</i>	24
<i>El soplete</i>	24
<i>La "máquina de fundición"</i>	26
<i>Posicionamiento del bloque en la máquina de fundición</i>	26
<i>Metales y aleaciones metálicas</i>	27
Consideraciones finales.....	29
Referencias bibliográficas	30

INTRODUCCIÓN

Sin duda alguna, la fundición dental es el proceso que hace que la mayoría de Técnicos en Prótesis Dental (**TPD**) tengan dudas y se queden inseguros de los resultados. Me encontré con esta situación cuando yo mismo tuve que hacerlo en mi posgrado. Imagínense: licenciado en Odontología y trabajando con fundición. Uno, dos, tres errores y una infinidad de dificultades. Sentimientos como la frustración y la sensación de incapacidad fueron los primeros en aparecer. Me calmó al saber que muchos han vivido y todavía viven estas dificultades.

Pero poco después de esta calma temporal vino la inquietud. Pensé que la solución sería fácil: sólo tendría que buscar un libro que describiera **paso a paso todo lo que necesitaba saber sobre fundición**. Seguramente debe haber... Esta búsqueda fue ardua y sin resultados.

En cierto momento encontré libros tan complejos que me dejaron más desanimado. En otras ocasiones, buenos manuales, pero totalmente escritos sobre la base de “suposiciones”. Muchas veces me encontraré con textos que eran copias de viejos manuales con información que no podrían aplicarse en su totalidad a los materiales más modernos.

Siempre permaneció esa inquietud de pensar que los TPDS tenían tales dificultades en relación a la fundición. Así que en diciembre de 2008 traje toda la información que acabo de compartir con ustedes a Angelus. De pronto, la idea de llevar un producto nuevo e innovador al mercado odontológico (Revestimiento unido por Fosfato Nanovest M) y además añadir conocimientos al producto, hizo que nos brillarán los ojos (y entre ellos el mío). Se firma entonces el compromiso de llevar un producto innovador al mercado y la información a los TPDS para que el éxito sea cada vez mayor y sostenible, colaborando y trabajando de la mano con el crecimiento de los TPDS en Brasil.

Entonces tenía una tarea, y el resultado de la misma se encuentra en estas páginas. Nunca tuve la intención de escribir un texto que fuese definitivo y que por sí solo fuese suficiente con respecto a la fundición. La unión de la ciencia con la práctica nunca llegará a su fin. Pero en cada tecla pulsada siempre tuve como objetivo escribir algo que un alumno del curso técnico en prótesis dental pudiese leer y comprender y que al mismo tiempo sirviese al TPD ya formado y que quiera “subir cada día un escalón más” en dirección a la calidad.

Te darás cuenta que en ciertas partes del informe habrá tablas con información de gran importancia para su vida cotidiana y así por eso la información está resaltada. Fueron excluidas las ideas puramente teóricas de quien nunca vivió el día-a-día de un laboratorio protésico, como por ejemplo querer que el mismo se transforme en un laboratorio de investigación, con la humedad y temperatura controladas y cosas del tipo. Soluciones prácticas y directas fueron aplicadas, probadas, con la base correcta y de fácil acceso. Todo se originó a partir de datos científicos, experiencias diarias y buenas conversaciones en los pasillos de los congresos con amigos y conocedores la fundición. ¡Esta es la idea! ¿Vámonos juntos en este viaje?

Reproducir el patrón de cera en metal, con resultados precisos y previsible, siempre ha sido un problema para los TPD. Con los años, se puede observar una gran progresión de un trabajo puramente artesanal a un trabajo que todavía es artesanal pero más enfocado en precisión constante.

El proceso de obtención de una pieza protésica por la técnica de fundición involucra una cantidad considerable de materiales, fases y variables. Se puede comparar todo el proceso con una cadena, cada etapa y/o material corresponde a los eslabones de esta cadena. Por más fuertes y sólidos que sean los eslabones si uno de ellos falla, entonces toda la cadena falla y ya no se puede hacer nada. Así que aquí dejo un aviso primordial: **ATENCIÓN A LOS DETALLES**. Si todavía piensas que 1ml de líquido funciona de la misma manera que 1.5ml y que no existe diferencia entre las ceras, entonces debes parar y empezar a repensar tus pasos. Puede ser que pequeños **errores aislados** no signifi quen tanto. Pero, ¿quién ha dicho que en el proceso de fundición podemos considerar estos errores de manera aislada? ¡Claro que no! Los errores se van sumando a lo largo del proceso y el resultado, muchos de nosotros sabemos cuál es: márgenes desadaptados, cofias que no encajan, y por ahí siguen. Vale... ¡Entonces asumo que me he equivocado! Ahora viene la parte más difícil: descubrir cuál de los **“errores pequeños y sin importancia aislada”** contribuyeron para el fallo. ¿Ya has vivido esa situación verdad? ¡Yo también! Yo he descubierto que muchas veces es difícil determinar con exactitud la causa en un laboratorio de prótesis.

CONSEJO:

Su éxito en la fundición odontológica empieza en la adquisición de los productos. Piense, lea, hable con personas con más experiencia, busque opiniones. Atención a las fechas de caducidad al comprar y también no te olvides de mirar como los productos están almacenados en los depósitos dentales. Un bote de yeso almacenado al lado de una pared con humedad no le ayudará mucho con los resultados.

¿Y ahora qué? ¿Cómo lo soluciono? Leyendo mucho sobre los más variados aspectos relacionados con la fundición odontológica pude comprobar que el camino más seguro es crear un **método de trabajo**. Cada etapa del proceso debe estar muy bien descrita en el laboratorio y ser seguida rigurosamente. De esta manera, en caso de fallo, se puede analizar cada uno de estos procesos y encontrar en cual ha habido un fallo. Pero atención: ¡eso solo minimiza la posibilidad de error! Aquel que dice que tiene siempre 100% de acierto en sus fundiciones... ¡MIENTE! Yo lo sé y tú también, que muchas veces ocurren cosas inesperadas en la fundición, aunque todos los procesos se hayan hecho de manera correcta.

A continuación veremos un Diagrama de flujo de las etapas para la confección de una prótesis fija por la técnica de fundición:

Se observa que estos son procesos básicos que debemos controlar. Ahora vamos a observar algunos de los materiales y accesorios que posiblemente están involucrados en cada proceso en la tabla a continuación:

- Obtención del molde
 - Cubetas
 - Materiales para el molde
- Confección del modelo y troquelado
 - Yeso (diferentes tipos)
 - Agua
 - Pin para troquelado o bases de posicionamiento
 - Aislante
- Encerado
 - Ceras
 - Resina acrílica para patrones
 - Espaciadores
 - Aislantes
- Vaciado y fundición
 - Cilindros de silicona o metal
 - Bebederos o conductos de cera
 - Revestimiento + líquido especial
- Eliminación del revestimiento y ajustes
 - Partículas abrasivas para arenado
 - Discos abrasivos
 - Fresas de acabado y pulimiento

Así, empezamos a tener una idea más clara de cuanto el proceso de fundición y colado es dependiente de cada material y etapa involucrada. No existe calidad utilizando 80% de materiales de buena calidad y 20% de mala calidad. Observe: material de calidad no es sinónimo de material importado o caro. Siempre resalto que un óptimo material puede tener un pésimo desempeño dependiendo de quién lo utiliza. Pero nunca he visto un material ser transformado en buena calidad, aun que quien lo manipula sea un experto.

Empezamos entonces a analizar a partir de ahora cada material y su relación con los procesos involucrados en la fundición y colado odontológico. Tenga en cuenta que este informe no tiene la intención de traer información sencilla como las recetas, lo que para mí reflejaría la desconfianza en su capacidad de raciocinar. Aquí se proporcionan “herramientas” para que puedas iniciar un trabajo sólido y sobre todo, para que seas capaz de adecuar la información contenida en el presente documento a su día-a-día, haciendo que el éxito y los resultados sean cada vez mayores.



MOLDES Y OBTENCIÓN DE MODELOS DE YESO

Hemos optado por añadir alguna información sobre moldes y materiales de moldear ya que **el molde puede ser considerado como el vínculo de unión entre el dentista, el paciente y el técnico de prótesis dental**. Así, algunos errores pueden causar trastornos considerables a todos los involucrados en el proceso de obtención de una prótesis fija.

¿Cómo son o cómo deberían ser los materiales seleccionados para el molde? Uno de los primeros criterios es la necesidad de que el caso clínico tenga precisión. Para la obtención de modelos de estudio, se pueden utilizar materiales con menos precisión pero también con menos capacidad de reproducción. Los alginatos, son muy utilizados para situaciones como la anterior, posibilitan la obtención de buenos modelos de estudio, ya que en este caso la precisión no es un factor crítico. Para que tengas una idea, los buenos alginatos consiguen reproducir estructuras mayores que $75\mu\text{m}$ (como referencia, un filamento del pelo tiene medida de $50\mu\text{m}$ de diámetro).

Sin embargo, para situaciones tales como la obtención de moldes y modelos de trabajo para prótesis fija, la precisión es primordial. Por lo tanto, se eligen materiales que presentan una buena capacidad de reproducción y que aún así tengan otras características en conjunto como:

- Resistencia a la rotura: es la capacidad que el material de moldeo debe tener, después de la reacción y de ser removido de muescas (como nichos y surcos gingivales) sin que se rompa o se deforme irreversiblemente;
- Hidrofilia: determina la afinidad que el material de moldeo tiene con el agua o humedad, factor importante, ya que el mismo se utiliza en ambientes húmedos.
- Estabilidad dimensional: es la capacidad que el material tiene de mantener sus dimensiones y por lo tanto la precisión de la reproducción obtenida con el tiempo.

Uno de los mayores problemas vividos por los técnicos en prótesis dental son márgenes de preparo reproducidos de manera incorrecta. Sin embargo, este problema a menudo se puede ver fácilmente en los moldes o modelos de yeso, evitando así que se realicen los siguientes pasos. Ya el cambio de las dimensiones del molde debido a la pérdida de la estabilidad dimensional es un enemigo silencioso, porque difícilmente podemos mirar en un molde y decir con seguridad si ha habido o no alteración de las dimensiones originales del mismo.

Corresponde pues al dentista, programar sus actividades de manera que el molde sea vaciado con yeso en el momento adecuado, es decir, mientras el material aún conserva sus dimensiones de una

manera estable. Tal estabilidad puede tener diferentes valores entre el mismo tipo de material y tipos de materiales distintos. El TPD debe tener cuidado al identificar el tipo de material o preguntar al dentista qué material se utilizó, para poder adaptar su plan de trabajo y obtener el modelo en el plazo viable.

Hoy en día todos los profesionales del sector de la salud y entre ellos los TPDs conviven diariamente con un riesgo considerable de contaminación por microorganismos como los causadores del SIDA y de la Hepatitis B. Por lo tanto, nunca desconsidere este riesgo en su práctica diaria y lleve la información a todos los trabajadores del laboratorio. Busque información sobre métodos de desinfección aplicables a cada tipo de material y protocolos de vacunación.

Considerando entonces que el molde presenta las condiciones para ser utilizado y ya ha sido debidamente desinfectado, pasamos a la confección del modelo de yeso. Un modelo incorrecto con que todas las próximas etapas se comprometan.

El yeso se compone básicamente de una sustancia llamada sulfato de calcio semihidratado, también se añaden modificadores de tiempo de fraguado, colorantes y en algunos casos, resinas para que la superficie quede más lisa y dura. Es un material con alta afinidad al agua y humedad. Por eso, la manera que el yeso es almacenado en el laboratorio es de importancia singular.

Para la proporción entre el yeso y el agua, siempre se debe dosificar el yeso por el peso y el agua por el volumen. Cuanto más precisa sea la báscula que utilices, mejor será la estandarización lograda. Para el agua, se recomienda el uso de una jeringa de plástico desechable de 20ml, ya que es de fácil manejo y tiene la precisión adecuada.

Se debe prestar especial atención al agua utilizada, ya que la pureza de la misma es un factor que influye directamente en las alteraciones dimensionales del yeso durante el fraguado. Se recomienda el uso de agua destilada o como mínimo agua mineral. Algunos tipos de agua pueden contener una cantidad excesiva de sales minerales ('agua dura') que puede influir en la reacción de fraguado del yeso.

Se deben medir las proporciones de agua y yeso inmediatamente antes del espatulado. Siempre que sea posible se debe elegir la mezcladora mecánica al vacío. Este tipo de equipo promueve un espatulado con velocidad uniforme, eficaz y al vacío, reduciendo la incorporación de aire en la mezcla. Siga con fidelidad la recomendación de la dosificación descrita por el fabricante del yeso, eso le va a asegurar la estandarización de los resultados obtenidos. Añadir más agua en el intento de hacer que el yeso quede más fluido

y fácil de vaciar puede funcionar solo para este aspecto, pero empeora una serie de propiedades del material. Si la intención es facilitar el vaciado, tal vez sea mejor elegir otra marca de yeso que tenga más fluidez.

Siempre en el manejo del yeso, debemos poner el polvo sobre el agua para evitar que el aire se quede detenido en la mezcla y forme burbujas de aire en el modelo.

Básicamente los diferentes tipos de yeso se diferencian entre sí con relación a dos características principales: precisión y resistencia mecánica. La cantidad de agua presenta relación directa con las partículas del yeso, es decir, partículas más compactas necesitan menos agua para hidratar y reaccionar como en el yeso tipo IV (figuras 1A y 1B). En el inicio de la reacción de fraguado, todos los yesos pasan por una fase en la cual se empiezan a formar pequeños cristales. Después de la formación, estos cristales empiezan a crecer y en un determinado mo-

mento empiezan a “tocarse” entre ellos. Es como si cada cristal empezara a “empujar los que están más cerca, ya que hay poco espacio para muchos cristales”.

El fenómeno descrito arriba es responsable por la expansión del fraguado del yeso. Pero, en un determinado momento los cristales se encuentran tan “unidos y entrelazados” que la expansión de fraguado prácticamente se detiene (figura 1B).

Sin embargo, esta expansión de fraguado se puede alterar principalmente por los siguientes factores:

Factor	Causa
Aumento en el tiempo de espatulado	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de resistencia mecánica • Aumento de la expansión de fraguado • Disminución del tiempo de trabajo
Aumento de la cantidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de resistencia mecánica • Aumento de la expansión de fraguado • Fluidez excesiva

Por lo tanto, para prótesis fija, la elección del yeso será de tipo IV o V. El último tiene mayor expansión de fraguado y por dificultades de estandarización en el proceso, será el menos utilizado. Comprar un yeso tipo IV de excelente calidad y manejarlo sin proporciones es la manera más rápida de perder dinero y causar problemas. Ya que un yeso de buena calidad mal manejado se portará igual que un yeso de calidad muy inferior, pero con alto coste.

CONSEJO:
 No se debe dejar el yeso en contacto con los moldes de alginato por más de 45 minutos. Después de este tiempo se inicia en el alginato la formación de ácido algínico que “ataca” la superficie del yeso, haciendo con que este se quede manchado y frágil, como si se estuviera “desaciendo”. Esto no ocurre en los moldes de silicona.

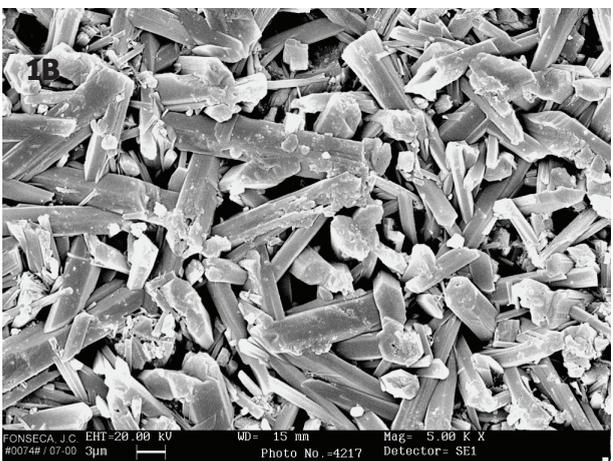
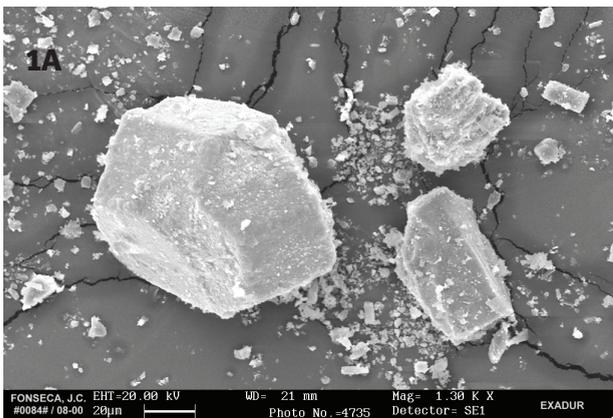


FIGURA 1: A) Imagen de microscopía electrónica de barrido (aumento de 1300X) enseñando granos de yeso IV antes del manejo. Observe la forma relativamente regular del mismo y la superficie compacta. B) Imagen de microscopía electrónica de barrido (aumento de 1300X) de un yeso tipo IV después del fraguado, enseñando cristales ya formados y entrelazados. (Imágenes: Prof. Dr. Johnson C Fonseca)

CERAS, ENCERADO Y MONTAJE DE LOS PATRONES

Ceras y encerados:

Las ceras para uso odontológico son consideradas como materiales termoplásticos, es decir, cuando se calientan a determinada temperatura cambian su consistencia, con mayor capacidad de reproducir detalles de una superficie. Al enfriarse, vuelven a un estado "sólido". Esta característica es la responsable de hacer posible su utilización en la escultura de la prótesis.

Estas ceras tienen como componentes principales una CERA BASE (normalmente parafina, CERAS MODIFICADORAS (mejoran propiedades como la dureza y estabilidad dimensional) y ADITIVOS (como colorantes y controladores de opacidad). Las ceras también pueden ser de origen mineral (ej.: parafina, vegetal (ej.: carnauba) o animal (ej.: cera de abeja). Lo más importante es saber que una determinada cera solo desempeña una función correctamente si el calentamiento se realiza de manera adecuada y si evitamos las distorsiones del patrón obtenido. El calentamiento excesivo de una cera puede causar la carbonización de algunos de sus componentes alterando su desempeño. En ningún caso se sugiere el uso de ceras de baja calidad o de bajo coste como forma de ahorro, de la misma manera que el manejo incorrecto de una cera excelente no traerá buenos resultados.

La preferencia siempre debe ser por las llamadas ceras orgánicas, es decir, que contengan elementos orgánicos en su composición. Esto se debe a que algunos tipos de ceras, contienen componentes inorgánicos en su composición, siendo estos de difícil combustión, haciendo que los residuos permanezcan después del calentamiento del cilindro de revestimiento. Se observa con facilidad que estas ceras inorgánicas, cuando son calentadas con un instrumental, presentan separación de los componentes inorgánicos de la cera líquida y permanecen los residuos ensuciando el instrumental durante el encerado.

La cantidad de residuos formados después de la combustión de una cera indicada para la confección de patrones de fundición no debe superar 0,02% de un gramo de cera testada. En este test recomendado por la Asociación Dental Americana (ADA), se quema un gramo de cera hasta 500°C en condiciones específicas y después se analiza el residuo.

Las ceras para patrones de fundición pasaron por avances considerables en los últimos tiempos, teniendo disponibles en el mercado excelentes opciones. Para que este tipo de cera tenga un desempeño adecuado, debe cumplir con los siguientes criterios:

- Buena adaptación y reproducción de detalles de la superficie como las paredes de un troquel en yeso.
- Excelente estabilidad dimensional en temperatura ambiente.
- Combustión cero o reducida formación de residuos, evitando de esta manera la contaminación de la aleación.

A menudo el TPD dedica poca atención al acto de trabajar la cera en las etapas de calentamiento y escultura. Considero que es uno de los momentos clave en el cual se determina si habrá precisión en la reproducción de los detalles o no. Todos los errores cometidos en estas etapas aparecerán en forma de distorsión al final del proceso. Una vez leí una frase que os voy a transmitir: **"La pieza colada nunca será mejor que el encerado que la originó, independiente de la técnica y el material utilizados"**, es decir no existe técnica o material que pueda mejorar un patrón inadecuado de cera.

Las ceras para confección de patrones de fundición normalmente se proporcionan en tres grados distintos de dureza: blanda, media y dura. Abajo podemos observar en la tabla las propiedades de cada una:

Cera blanda	<ul style="list-style-type: none">• Baja temperatura de fusión• Sujetas a alteraciones dimensionales por alteraciones de temperatura ambiente• Baja contracción por enfriamiento• Facilidad en el manejo incluso en capas finas• Dificultad de obtener superficies lisas por pulimiento y realizar esculturas complejas.
Cera media	<ul style="list-style-type: none">• Punto de fusión intermedio• Considerable contracción por enfriamiento• Estable después del enfriamiento
Cera dura	<ul style="list-style-type: none">• Alta y constante temperatura de fusión• Alta contracción por enfriamiento• Alta estabilidad dimensional• Frágil y se rompe con facilidad.



FIGURA 2: Patrón realizado utilizando cera de diferentes características. Observe que en la región cervical el uso de cera específica para márgenes (color rojo) que por presentar baja contracción al enfriarse posibilita mejor precisión en esta zona. Sin embargo, debido a que es muy blanda, se utiliza una cera de dureza media para el resto del patrón (cera verde).

Después de leer la tabla, es importante tener en cuenta que la precisión alta o baja no depende únicamente de la cera, sino de la indicación correcta de cada una y respetando sus limitaciones. La técnica del uso de ceras de dureza y características distintas constituye una excelente alternativa, esta técnica fue propuesta y publicada en 1980 por McLean. Es común el uso de una cera media o dura para el encerado de la mayor parte del patrón y el uso de una cera blanda para la confección del sellado del patrón en la zona cervical, como se muestra en la figura 2.

Encontramos en el mercado ceras denominadas ceras para cervical (cervical wax) o también las llamadas ceras para bordes, siendo ejemplos de ceras de baja fusión. Estas ceras presentan baja contracción en el enfriamiento, siendo muy precisas. Sin embargo, se debe tener especial atención para que se utilicen solo en la zona cervical y nunca en la confección total de un patrón de fundición, ya que son muy blandas y sujetas a distorsiones. Por ese motivo, las

ceras blandas deben ser utilizadas para el sellado de la zona cervical solo poco tiempo antes de la inclusión del patrón.

La preparación del troquelado para iniciar el encerado es un paso que influye directamente en el resultado final. Acuérdesse de que existen tres superficies que estarán siempre en contacto y que deberán estar en equilibrio: el instrumental, la cera y el troquel. De este modo, si el troquel está en temperatura muy diferente del resto de las superficies, ocurrirá un enfriamiento rápido de la cera en contacto con esta superficie. Con esto la capacidad de reproducción de detalles queda comprometida y son inducidas tensiones en el encerado. Con el mínimo calentamiento estas tensiones se liberarán ocasionando distorsión en el patrón de cera.

En la preparación del troquel el sellado de la superficie probablemente sea tan importante como el aislamiento de la misma. ¿Pero, por qué sellar el yeso

CERAS, ENCERADO Y MONTAJE DE LOS PATRONES

si la superficie aparenta estar tan lisa y brillante? Observe en la figura 3 una microscopía electrónica de barrido de la superficie de un tipo de yeso 4 después del fraguado. Las irregularidades están presentes y por eso se aplica un sellador de superficie en el yeso. Este puede sellar las irregularidades, dejando la superficie más lisa. Así, después de la aplicación del aislante es posible eliminar la cera del patrón sin la aplicación de grandes fuerzas, minimizando la posibilidad de distorsión de la cera.

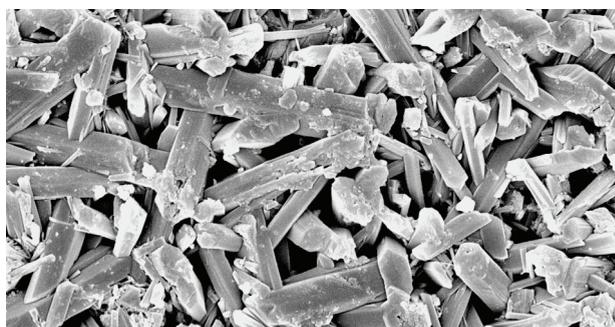


FIGURA 3: Imagen de microscopía electrónica de barrido que muestra la superficie de un modelo de yeso (tipo IV) bajo aumento de 5.000 veces. El sellador para yeso sella la mayor parte de fallos entre los cristales y disminuye la adhesión de la cera calentada en estas zonas. Con eso se facilita la retirada del patrón.

Además, provoca aumento de la resistencia mecánica del yeso, una característica importante en las zonas delgadas tales como el final del troquel. Pero tenga en cuenta el sellador que utilizará: este únicamente deberá sellar las irregularidades, sin formar una capa gruesa sobre la superficie de yeso ya que esto perjudicaría la precisión de la prótesis. En el caso de realizar marcas con un lápiz, hágalo antes de aplicar el sellador, ya que este fijará el marcado y evitará que se borre.

Acuérdese siempre de usar una mina o "grafito" orgánico para ese marcado. El uso de grafito común (rico en carbono) puede contaminar los márgenes del encerado con los residuos de grafito y causar bordes irregulares en algunos tipos de aleaciones. Siempre recuerde que las ceras pueden tener la distorsión causada tanto por las variaciones en la temperatura cuanto mediante la aplicación de fuerza sobre ella. A menudo vemos reportes de cofias que no encajan en las paredes mesial y distal o vestibular y lingual. En el momento de retirar el modelo de cera del troquel, puede ser que el profesional utilice una fuerza excesiva con los dedos sobre estas superficies (véase la Figura 4) y el resultado es la falta de ajuste en paredes opuestas de la cofia. El sellado y el aislamiento adecuados del yeso prácticamente eliminan este problema.

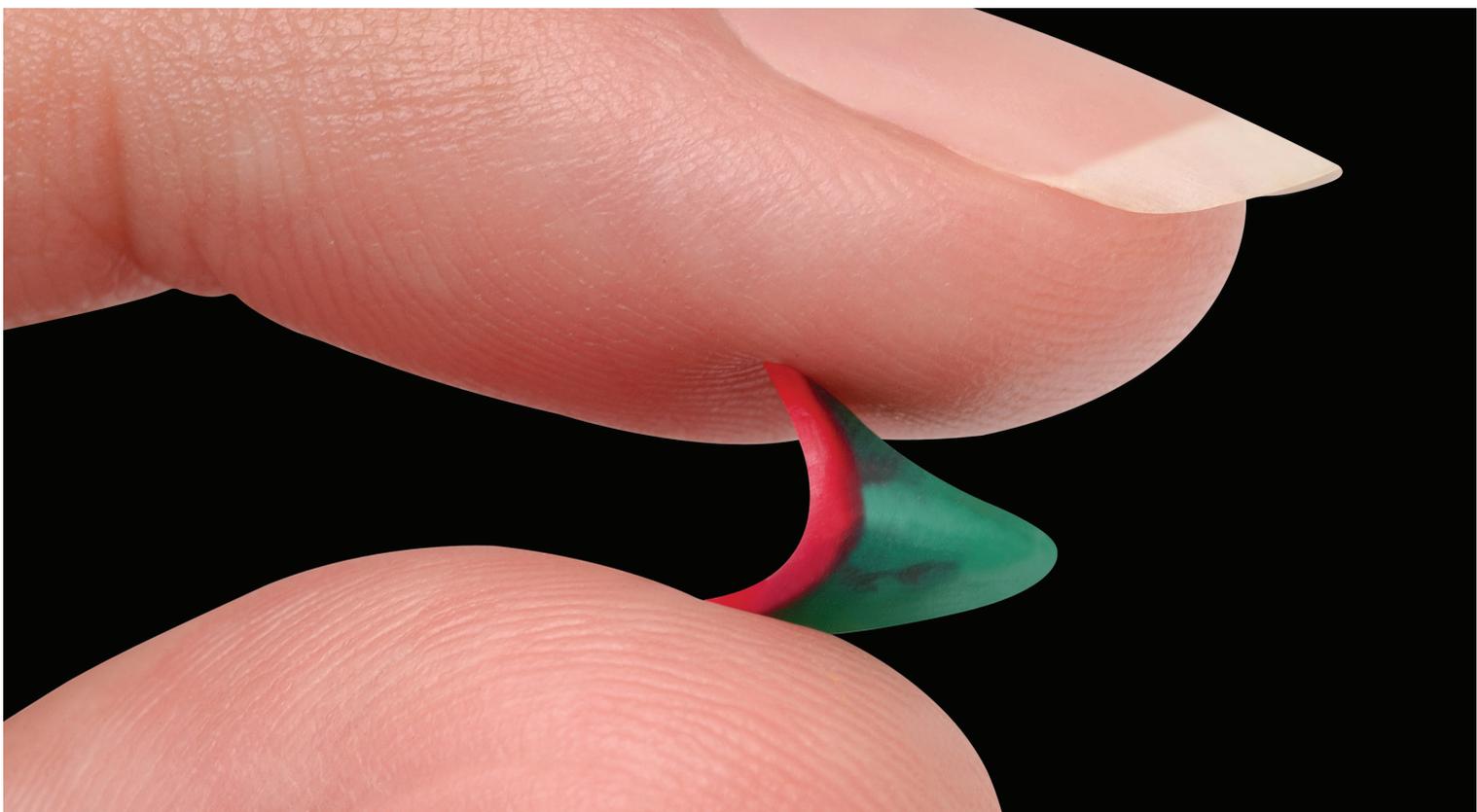


FIGURA 4: La aplicación de la fuerza con los dedos a la remoción y manipulación del patrón puede comprometer la prótesis después de la fundición. En este caso, la fuerza se aplica a la cofia en sitios extremadamente delicados como los bordes del patrón.

En algunos casos se utiliza una técnica de confección de patrones llamada técnica mixta, en la que se aplica una fina capa de resina acrílica de activación química al troquel (resina acrílica “autopolimerizable”) específica para la confección de patrones para fundición, y después se finaliza la confección del patrón y el sellado de la zona cervical con cera. Esta técnica, aplicada correctamente, proporciona resultados similares al uso de solamente cera. Sin embargo, recuerde que la eliminación de la resina acrílica en el horno es muy diferente de lo que ocurre con la cera. Inicialmente, la resina se somete a expansión con aumento de la temperatura para luego ser carbonizada. Se observan frecuentes casos de micro-grietas internas del revestimiento en patrones de fundición voluminosos hechos con esta técnica cuando se somete a un rápido proceso de calentamiento del cilindro, en particular cuando se utilizan grandes volúmenes de resina acrílica.

Para estos patrones se recomienda el calentamiento convencional para asegurar que la expansión y la posterior eliminación del acrílico se produzcan gradualmente, sin comprometer el resultado final. Otro cuidado importante es siempre recubrir con cera las partes externas del patrón hecho de resina acrílica. Por lo tanto, al calentarse, la cera se elimina antes de que el acrílico y en su lugar queda un espacio para que la resina acrílica expanda sin aplicar fuerzas sobre las paredes del bloque.

Al igual que toda la resina acrílica que está dirigida a la producción de patrones para fundición, ésta presenta contracción durante la polimerización. ¿Cómo y cuando ocurre dicha contracción? Sabemos que estas resinas acrílicas específicas presentan cerca de un 8% de contracción de su volumen inicial. Este es, sin duda, un problema importante cuando se trabaja en busca de una fundición de precisión. Sin embargo, se conoce a través de investigaciones que el 80% de esta contracción se produce en los primeros 17 minutos desde el contacto entre el polvo y el líquido de la resina acrílica. Además, la contracción únicamente presenta relativa estabilidad después de unas 24 horas, alcanzando el valor indicado. Por lo tanto, algunas precauciones son esenciales para lograr una buena precisión:

- Al finalizar la confección de la parte en resina del patrón, espere 30 minutos como mínimo antes de iniciar la deposición de la cera sobre la resina acrílica. Con esto la mayor parte de la contracción ya habrá ocurrido y reducirá la distorsión del encerado;

- Si es posible (y sabemos que no siempre lo es) después de confeccionar parte del patrón con resina acrílica, espere 24 horas para aplicar la cera;

- Al confeccionar zonas de pósticos, nunca haga la unión de modo directo entre los patrones unitarios con resina acrílica. Construya a partir de un patrón una barra que casi toque el patrón de al lado. Espere 3 minutos y solo después añada una pequeña cantidad de resina acrílica para terminar la unión. Eso evita que haya una gran cantidad de resina acrílica contrayendo y que dicha contracción genere tensión en el sentido de aproximar un pilar del otro. Estoy seguro que ya has confeccionado patrones para prótesis parcial fija con buen ajuste en el modelo, pero una vez removidos ya no se adaptaban pasivamente.

- Para patrones hechos exclusivamente en resina acrílica (como en el caso de núcleos metálicos fundidos), es mejor hacer el vaciado y la fundición cuanto antes posible. **Ningún medio o método de almacenaje impide totalmente la progresión de la contracción del patrón, es decir la distorsión.** Sin embargo, el medio que menos permite la distorsión es mantenerlo en 100% de humedad, a temperatura de 25°C aproximadamente y como mucho por 24 horas. Observe que el 100% de humedad se consigue poniendo el patrón en un embalaje sellado junto con un algodón o gasa húmeda (pero no empapada), es decir, no se pone el patrón sumergido directamente en agua.

- Acuérdesse que el responsable de la contracción es el líquido de la resina acrílica (monómero), ya que el polvo ya está polimerizado. Así que al usar más líquido de lo recomendado o necesario, causa aumento de la contracción y de esta manera la distorsión.

Montaje de los patrones

Por desgracia, muchos profesionales no dan la importancia debida a la confección de conductos de alimentación o bebederos. Errores relativamente sencillos relacionados al montaje de los patrones llevan a un porcentaje elevado de fallos en la fundición y colado, como el uso de conductos muy finos y largos, ocasionando porosidad en las piezas coladas.

El montaje de los patrones viene siendo descrito básicamente a través de dos técnicas: el **montaje directo** (un conducto lleva el metal fundido directo de la base del cilindro hasta la zona de los patrones) y el **montaje indirecto** (un conducto lleva el metal fundido hasta una barra intermediaria y de esta sigue para los conductos más pequeños hasta la zona del patrón). Normalmente la técnica de montaje directa se utiliza para patrones unitarios o de pequeña extensión. Mientras que la técnica indirecta es más utilizada para el colado de piezas protésicas de mayor extensión.

Para el montaje de los patrones en cera en la base formadora del crisol (anillo de silicona), se puede utilizar tanto conductos con cámaras de reserva (bebederos) como conductos de cera cilíndricos. Debido a la versatilidad, elegimos utilizar la última opción. Para eso, se deben respetar algunas consideraciones básicas, como las que siguen a continuación:

- El conducto de alimentación se debe fijar a la zona de mayor grosor del patrón de cera. Con eso, se facilita el flujo del metal fundido, ya que el mismo fluye de zonas más amplias a las más restrictas. Imagínese si ocurre lo contrario y el conducto fuese montado en una zona muy fina de un patrón. El enfriamiento de la pequeña cantidad de aleación que pasa por ese sitio ocurre de modo rápido, solidificando la aleación. A partir de este momento, el pasaje de más aleación fundida para las zonas más espesas queda comprometido, generando fallos en el colado.

- Se debe mantener una distancia entre las superficies de cera montadas de cómo mínimo 5mm. La proximidad extrema de patrones y de los conductos puede causar grietas en el revestimiento situado entre esta estructura en el interior del cilindro, especialmente si el calentamiento se realiza de manera mucho más rápida. Cuando se inyecta la aleación aparte de llenar los conductos también se llenan las grietas, generando rebaba en la pieza colada (Figura 5). Dependiendo de la localización, pueden comprometer la pieza de modo reversible (donde sea posible el desgaste, pero con obvia pérdida en el tiempo de trabajo) o irreversible (rebabas localizadas en las terminaciones o zonas internas de componentes protésicos para implantes). Esta incidencia puede llegar a ser incluso más común cuando se utilizan concentraciones más bajas de líquido especial en la manipulación, debido a la resultante disminución en la resistencia mecánica.



FIGURA 5: La aparición de pequeñas grietas en el interior del revestimiento posibilita, después de la inyección de la aleación fundida, la formación de rebabas que pueden impedir el uso de la pieza colada cuando ocurren en zonas como bordes de las cofias como en la figura.

- Los patrones deben quedar a una distancia mínima de 5mm de cualquier pared del cilindro de silicona (paredes laterales y base). Esto evita grietas y posibilita una expansión térmica uniforme. Si al montar con esas distancias, notas que el patrón ha quedado en el centro térmico del cilindro, se deberá realizar el montaje utilizando un cilindro de silicona más grande. El coste de gastar un poco más de revestimiento es mínimo comparado al de perder un día de trabajo para rehacer un encerado y frustrando al cliente en cuanto al plazo de entrega debido a un fallo en el colado.

- El montaje de las piezas poniendo el conducto con inclinación de 45° posibilita que el patrón no quede posicionado en el centro térmico del cilindro y también disminuye la velocidad en que la aleación llega hasta la zona donde estaba el patrón, reduciendo el impacto y la posibilidad de grietas en el bloque en zonas más frágiles.

- Acuérdesse de tener el máximo cuidado para que el calor proporcionado por el instrumental calentado no afecte a los patrones de cera en el momento del montaje. Las alteraciones de temperatura pueden causar distorsión de las ceras.

La identificación correcta de la zona central del bloque de revestimiento (excluyendo la parte que corresponde a la base que forma el crisol) es importante para localizar el centro térmico del cilindro. Este corresponde a la parte central de la parte descrita arriba, siendo la última zona a perder calor para el medio externo. Así, el patrón de cera no debe estar en el centro térmico del cilindro. La colocación del patrón de cera en dicha zona haría que la prótesis colada fuese la última parte de la aleación a solidificarse. ¿Te acuerdas que al solidificarse la aleación sufre contracción? En esta situación, las contracciones ocurridas en la aleación que están cerca del patrón harían que la aleación aun líquida presente en el centro térmico del cilindro (por lo tanto en la prótesis) fuese “estirada” por las zonas que se contraen en el intento de compensar la contracción. Y entonces partes de la prótesis presentarían fallos debido a la falta de metal, a estos fallos llamados porosidades por contracción localizada.

Se recomienda siempre que el patrón quede fuera del centro térmico del bloque. De esta manera la prótesis enfriaría primero y el metal fundido presente en el centro térmico del cilindro funcionaría como un reservatorio que proporcionará metal líquido a las zonas que se solidifican y se contraen, evitando porosidades.

Imagine la velocidad y fuerza que la aleación fundida entra en el bloque de revestimiento. Como el enfriamiento y solidificación de la aleación fundida ocurre de manera muy rápida, tenemos que asegurar que la aleación llegue hasta donde estaba el patrón de cera

de manera rápida también. Por eso el camino desde la entrada de la aleación en el bloque hasta la zona donde estaba el patrón debe ser lo más directa posible, evitando vueltas y ángulos que puedan causar turbulencia. En el montaje de los patrones se debe tener mucho cuidado al añadir cera en las zonas de encuentro entre los conductos de cera para que todos los ángulos queden redondeados. En el caso de que no se haga este paso pueden permanecer ángulos en las uniones (“aristas”) y pueden ser fracturados cuando la aleación fundida chocar con estas zonas. Normalmente, esto resulta en la rotura del revestimiento y presencia de fragmentos en la pieza colada.

No hay gran ventaja en montar una cantidad absurda de patrones en el mismo cilindro en el intento de ahorrar revestimiento. Esto lleva a la necesidad de fundir grandes cantidades de aleación de una sola vez, aparte de otros inconvenientes. Pero si aún así desea hacerlo, jamás ponga todos los patrones en un mismo plano. Ponga algunos un poco más para arriba y otros para abajo. Esto minimiza mucho el riesgo de tener una fractura alrededor de todo el cilindro, lo que es común cuando se monta muchos patrones en el mismo plano.

Una vez montados los patrones, preste atención al uso de anti-burbujas, producto que contiene sustancias químicas que convierten la superficie de materiales sólidos (como la cera) en superficies “más receptivas” al ser mojado por sustancias líquidas o viscosas, como el revestimiento manejado. Aparte de ayudar, si se utiliza de manera errónea, causan un perjuicio considerable.

Aplique el anti-burbujas con una brocha pequeña y muy blanda, esté al tanto de secarlo totalmente antes de proceder al vaciado de revestimiento. Este paso se puede hacer con un chorro de aire muy suave y sin contaminantes. En el caso de que el anti-burbujas permanezca en la superficie de los patrones de cera (figura 6), este puede reaccionar con el revestimiento y retrasar la reacción de fraguado, causando rugosidad e imperfecciones en la superficie de la pieza colada. Pero atención: **nunca aplique anti-burbujas en superficies de resina acrílica, solamente en superficies de cera.** En las superficies de resina acrílica el anti-burbujas permanece impregnado y altera la reacción del revestimiento en la zona, perjudicando el ajuste del metal.



FIGURA 6: Mire la zona indicada con la flecha azul, la presencia de una gota de anti-burbujas después de la aplicación del mismo. Si el vaciado del revestimiento se hace en estas condiciones, el revestimiento no reproduciría esta zona del patrón de cera. Por lo tanto, probablemente habría un fallo en el colado, como la formación de un nódulo de metal o la reproducción imperfecta del borde del patrón.

REVESTIMIENTOS PARA FUNDICIÓN ODONTOLÓGICA

Un REVESTIMIENTO ODONTOLÓGICO puede ser considerado como un material cerámico que es capaz de reproducir un molde con precisión y resistencia mecánica que permite la inyección de metal o aleación metálica fundida en el interior de este molde.

Siempre menciono que hay una regla de oro para los materiales odontológicos y en especial para revestimientos que se encuentran en la tabla a continuación.

¡NO TE OLVIDES NUNCA!

AL utilizar revestimientos, SIEMPRE que hagas algo buscando alterar alguna característica del mismo (Ej.: valor de expansión térmica), acuérdesse que habrá alteraciones en otras propiedades también (Ej.: resistencia mecánica). Por lo tanto, piense siempre en todo lo que puede ocurrir y no de manera aislada.

Composición y propiedades

En general los revestimientos odontológicos se constituyen de tres elementos básicos: material refractario (ej.: cristobalita), aglutinante (ej.: sílice) y modificadores (ej.: grafito). Pero, los porcentajes de cada elemento son extremadamente particulares según cada marca comercial. Por lo tanto, no es recomendable utilizar instrucciones o proporciones de una marca comercial en otra.

Las propiedades del revestimiento se pueden modificar en el caso de que el mismo se contamine por humedad, por eso, esté al tanto en cuanto al local de almacenaje. En el caso de que compres cantidades grandes de revestimiento se recomienda que lo pases a potes más grandes o que retires una cantidad suficiente para una semana de uso y mantengas el resto bien sellado. No te olvides de identificar correctamente estos potes más pequeños, apuntando incluso el número de lote.

Para facilitar el entendimiento, se estudió el revestimiento analizando el líquido separado del polvo.

LÍQUIDO:

Básicamente encontramos en el líquido del revestimiento unido por fosfato (también llamado de LÍQUIDO ESPECIAL) una solución de sílice coloidal. ¿Pero cómo las partículas de sílice pueden estar dispersas en el líquido y no se depositan en el fondo o se hacen visibles? En realidad, estas partículas son tan pequeñas que no se sedimentan en el fondo de una botella, ya que están en constante movimiento de modo aleatorio en la suspensión. Para conseguir que esta solución sea estable y facilitar la obtención de la suspensión, se adicionan aditivos al producto final.

Al mezclar el líquido especial con el polvo del revestimiento, ocurre la cristalización del sílice y debido

a la formación de cristales, hay un aumento de volumen.

Seguramente, sabes muy bien lo que ocurre cuando una gaseosa se congela al abrirse. Hay una formación de pequeños cristales, que luego aumentan de número y tamaño, causando el aumento del volumen. El fenómeno físico es básicamente el mismo.

Al añadir sílice en la solución, se aumenta la posibilidad de expansión térmica durante el calentamiento. Por eso la concentración del líquido especial (en la mezcla líquido especial + agua destilada) influye tanto en la expansión de fraguado como cuando termina la expansión. La adición de sílice presente en el líquido especial también produce el aumento en la resistencia mecánica.

Tenga mucho cuidado con el almacenaje del líquido especial y con la cantidad del mismo en el momento del uso. No dejar expuesto al sol, claridad intensa o temperaturas muy bajas (menos de 10°C). Puede ocurrir una degradación del líquido, con formación de cristales (figura 7) que quedan en el fondo de la botella o suspensos. Al comprar líquido especial que estén en botellas opacas que no se permite visualizar el líquido, agite la botella y ponga un poco de líquido en una botella transparente. Observe si hay cristales flotando, semejantes a los que se forman cuando una gaseosa empieza a congelar. En el caso de que haya cristales, el líquido no debe ser utilizado.



FIGURA 7: La imagen muestra el líquido de revestimiento con cristales de sílice, debido al almacenaje inadecuado. Compruebe si la botella que estas comprando presenta tales cristales en el fondo. En el caso de que si, evite la adquisición de esta botella.

Nunca deje la botella abierta, porque podrá haber evaporación de agua. Con esto la concentración de sílice dentro de la botella empieza a aumentar. Como son partículas muy pequeñas, empiezan a moverse por el líquido y se chocan formando partículas más grandes, hasta que se forman los cristales en suspensión que mencionamos arriba.

POLVO:

Este tiene como composición básica el sílice, óxido de magnesio y fosfato monoamónico. Estos componentes al reaccionar con la mezcla de agua destilada y líquido especial, empiezan una reacción química con la consecuente liberación de calor y formación de fosfato compuesto por amonio y magnesio, con la presencia de agua. El sílice presente en el líquido especial queda “atrapado” dentro de ese material después del fraguado.

Resalto otra vez que es necesario tener un cuidado especial con respecto al almacenaje del polvo, ya que la humedad puede contaminar y comprometer la reacción de fraguado y el desempeño del producto. Es común en revestimientos unidos por fosfato contaminados por humedad que haya alteración en la viscosidad del mismo cuando se maneja. Como la mezcla no ocurre de manera completa e ideal, el bloque formado es más frágil y por eso más propenso a roturas.

Siempre verás en las instrucciones de los re-vestimientos, entre otras propiedades, *el valor de resistencia a la compresión (resistencia de un cuerpo a una fuerza que tiende a comprimirlo, acortarlo)* del producto. ¿Pero por qué eso es interesante para nuestra práctica? Tenemos que imaginar que a partir del momento que el revestimiento se ha vaciado en el interior del cilindro y ha llegado el momento del fraguado inicial (momento en que la reacción ya ha progresado de tal manera que el bloque ya puede ser manipulado con cuidado), el mismo deja de ser un material fluido y pasa a ser algo sólido. Ahora cada vez que aplicamos algún tipo de fuerza en este bloque de revestimiento, el reaccionará de alguna manera intentando resistir a la fuerza aplicada.

Muchas veces aplicamos algún tipo de fuerza a los bloques, como por ejemplo en el momento en que retiramos el bloque del interior del cilindro de silicona. Todos han pasado por la situación de tener que retirar antes del momento adecuado y... romper parte o todo el bloque. ¿Has visto como la resistencia mecánica (resistencia de un cuerpo a una o más fuerzas aplicadas en su superficie) del mismo es importante? Todavía hay más momentos en que dicha resistencia es de gran importancia, como cuando retiramos el bloque calentado del horno y utilizamos una pinza para sostenerlo y el momento en que la aleación fundida se inyecta de repente en el bloque con una alta velocidad. Como resultado, el impacto de la aleación en el interior del bloque de revestimiento genera grandes fuerzas, que pueden o no causar daño al bloque.

Existen órganos de estandarización como el ADA (*American Dental Association*) y la ISO (*International*

Organization for Standardization) que investigan, organizan informaciones y publican estándares y normas para cada tipo de producto odontológico y que las empresas deben seguir. Afortunadamente, la mayoría de los revestimientos unidos por fosfato excede estos requisitos mínimos, como en el caso de resistencia mecánica. Pero entonces ¿por qué nos preocupamos por esto? Tales propiedades en un revestimiento están directamente relacionadas con las características del producto, dosificación entre polvo y líquido especial, manejo y modo de calentamiento. Por lo tanto: hay una posibilidad de que cometamos un error en algunos de estos pasos y hacer con que el bloque quede más frágil. ¿Puede usted imaginar la pérdida de un bloque que contenía el encerado de aquella prótesis fija de 8 elementos muy compleja que hiciste? Mejor no pensarlo...

En revestimientos unidos por fosfato, la presencia de sílice, ayuda en la expansión térmica pero también aumenta la resistencia mecánica del bloque antes de llevarlo al horno. Es precisamente esta característica de alta resistencia mecánica antes de llevar al horno (en comparación con el revestimiento unido por el yeso) que le permite hacer el vaciado en un cilindro de silicona y, después del fraguado inicial, pueda manejar el bloque de revestimiento sin un cilindro alrededor.

¿Te acuerdas que en el líquido especial tenemos la presencia de sílice y que podemos alterar la cantidad de uso del mismo? Entonces cuanto mayor es la concentración de líquido especial que usamos, más resistencia mecánica el bloque tendrá. Pero recuerde la regla de oro que mencionamos antes: otras propiedades también se pueden modificar.

Asimismo, recuerda que se debe esperar un tiempo para que el revestimiento alcance un valor de resistencia mínima para luego ser manipulado. Este tiempo depende de una serie de reacciones químicas que ocurren en el bloque después de la manipulación del revestimiento. Estas reacciones se someten a la influencia directa de factores externos, tales como, por ejemplo, la temperatura ambiente.

Una vez que la reacción química progresa en el revestimiento, hay una liberación de energía en forma de calor. Así pues, tenemos un momento en que el bloque alcanza una temperatura máxima. Este momento, para los revestimientos unidos por fosfato que se pueden utilizar en la técnica de calentamiento rápido, indica el tiempo de insertarlo en el horno precalentado. Esto es porque en este momento la reacción ha progresado hasta un punto que el bloque pasa a tener una resistencia mecánica adecuada para soportar cambios repentinos de temperatura.

Resistencia mecánica del revestimiento unido por fosfato

CONSEJO:

En días fríos la reacción será más lenta y el bloque tardará más para alcanzar un valor adecuado de resistencia. Por lo tanto probablemente tendrás que esperar más tiempo que lo indicado por el fabricante.

¿Por qué y cómo controlar la expansión?

Durante el proceso de fundición, una aleación se somete a un calentamiento gradual hasta que pasa del estado sólido al estado líquido. La energía proporcionada por el soplete es responsable de hacer que los átomos de la aleación se distancien por lo que hay un aumento del volumen de la aleación, es decir, la **expansión**. Inmediatamente después de la inyección de la aleación fundida en el interior del bloque de revestimiento, se inicia el proceso inverso. La aleación comienza a perder calor rápidamente y vuelve del estado líquido a sólido.

Para que esto ocurra, los átomos deben acercarse para “restaurar los enlaces químicos” causando ahora una contracción, o como lo llamamos, la **contracción de la solidificación de la aleación**. Dependiendo de la composición de la aleación, este proceso de contracción se puede producir con mayor o menor intensidad. En la siguiente tabla podemos ver, como curiosidad, valores promedios de contracción de solidificación de aleaciones metálicas de uso común en la odontología:

Aleaciones con alto contenido de oro	1,1%
Aleaciones de cromo-níquel	2,0%
Aleaciones de cromo-cobalto	2,3%

Sería muy bueno si la aleación no presentara ningún cambio de su volumen durante el proceso de fundición. Si eso pasara, la aleación podría hacer una copia exacta del encerado y la precisión sería siempre óptima. Sin embargo, tenemos este problema a resolver.

Por lo tanto, hay técnicas que permiten hacer que el molde formado por revestimiento alrededor del modelo de cera quede ligeramente más grande. Por lo tanto, la aleación fundida llena este molde y cuando se solidifica sufre la contracción. Si la pieza colada estará en las dimensiones deseadas, dependerá de cuánto este modelo “aumentó”. Hay diferentes maneras de poder compensar la contracción de la aleación, como se describe a continuación:

- Expansión del modelo de cera en agua tibia.
- Expansión higroscópica.
- Expansión de fraguado del revestimiento.
- Expansión térmica del revestimiento.

¿Como, entonces optar por uno de éstas opciones arriba? Podemos descartar las dos primeras opciones por no presenta resultados previsibles y controlados. La tercera opción, es decir, la expansión de fraguado del revestimiento, también es difícil de controlar por el profesional e incluso puede estar influenciada por cambios en la temperatura ambiente si se añade agua.

Por estos hechos utilizamos el método de control de expansión térmica en el revestimiento unido por fosfato. **Recuerde siempre que las proporciones sugeridas por el fabricante del revestimiento sólo funcionan como una referencia inicial** para empezar el trabajo de adaptarse a su realidad. ¿Alguna vez has pensado en cuántas combinaciones son posibles entre los distintos tipos de ceras, revestimientos, aleaciones, sopletes y todos los demás materiales que intervienen en la técnica de fundición? Cada uno de estos materiales puede afectar de algún modo e intensidad en la adaptación de una pieza colada. Un simple cambio en el tipo y fabricante del yeso puede traer cambios en los resultados que alcanzabas antes. Por lo tanto, debes tener en cuenta la proporción que el fabricante del revestimiento ha sugerido y analizar el resultado.

La evaluación final si hay éxito o no en la relación entre expansión adecuada del revestimiento y la compensación de la contracción del metal se puede hacer tratando de encajar la pieza en el troquel que la originó. Así que para una cofia, se puede dar el caso en que la misma necesite un poco de presión para encajar en el troquel, quedando muy justa. Este fenómeno es debido a la falta de expansión adecuada (subexpansión), causando a menudo desgaste del troquel con la repetición del intento de encajar. Si en cambio la cofia no requiere una presión significativa para encajar sobre el troquel, podemos encontrar dos situaciones: 1) la cofia encajada en estas condiciones y no muestra movimiento de oscilación. En el primer caso, tenemos una situación de éxito en la determinación y obtención de expansión necesaria para compensar la contracción de la aleación, y el segundo caso tenemos una expansión excesiva (sobre-expansión).

NUNCA OLVIDES

Las concentraciones sugeridas para el revestimiento pueden y deben ser modificados para mejorar la adaptación. Por lo tanto, para aumentar la expansión, aumente la cantidad de líquido especial y disminuya la cantidad de agua destilada (manteniendo el volumen final recomendado). Para minimizar la expansión, haga lo contrario, reduciendo la cantidad de líquido especial y aumentando la de agua destilada.

Dosificación y espatulado

La etapa de dosificación tiene importancia fundamental en el proceso de fundición. Exactamente en esta etapa se consigue estandarizar la cantidad de polvo y líquido especial y por lo tanto mantener un estándar de resultados. Se recomienda siempre que el revestimiento se maneje en temperatura ambiente de aproximadamente 23°C. El manejo en temperaturas más elevadas puede disminuir de manera considerable el tiempo de trabajo. Por otro lado, el manejo en temperaturas muy bajas puede hacer que la reacción de fraguado sea mucho más lenta o incompleta, generando un bloque de baja resistencia mecánica, sujeto a rotura hasta en el momento de retirada del cilindro de silicona.

La dosificación del polvo se debe hacer siempre por “peso” (masa) y nunca por volumen (con cucharas dosificadoras). Realice un test: con una cuchara dosificadora, recoja cinco dosis de polvo de revestimiento y apártelas. Ahora debe pesar cada una y observar cuanto ha variado el peso. Esto ocurre porque a pesar de aparentar tener el mismo volumen, el polvo puede estar compactado de manera distinta en cada dosis, causando errores. Hoy en día se puede comprar básculas de precisión por precios bien atractivos. Para utilizar con el revestimiento, compre una con graduación o precisión de 0,1 gramos. En el caso de que compres una digital, acuérdesese de que cuando las pilas están con la carga baja y puede haber errores en las mediciones. Así que es bueno tener siempre un objeto con peso bien preciso y conocido, para utilizarlo como guía. Un consejo es utilizar un lingote de aleación, pesarlo con pilar todavía nuevas. Apunte en el mismo el peso y a menudo vuelva a pesarlo para comprobar si la báscula sigue mostrando el mismo valor apuntado. ¡Este procedimiento es sencillo pero fundamental!

Siempre antes de dosificar el polvo, agite el pote una, dos o tres veces para asegurar que el mismo esté homogéneo. Con el transporte y vibraciones las partículas más grandes pueden moverse hacia el fondo del pote. Acuérdesese de esperar sobre unos 30 segundos antes de abrir el pote debido a la formación de polvo. No te olvides nunca de utilizar una mascarilla durante esta etapa (se recomienda mascarilla semi-facial con filtro tipo P1). La persona más indicada para preocuparse con su salud ocupacional es usted mismo y nadie más.

La dosificación del líquido especial y agua destilada, siempre la hacemos por volumen. Se pueden utilizar vasos graduados o jeringas desechables.

Pero dependiendo del vaso graduado o jeringas desechables, aproximadamente 0,5ml de líquido o más puede quedar atrapado a las paredes del vaso, causando errores en la dosificación polvo-líquido especial. En mi opinión, con la jeringa desechable conseguimos más precisión y resultados constantes de forma práctica. Solamente acuer-

dese de siempre lavarla con agua después de la medición del líquido especial, ya que los restos del mismo dejados en la jeringa se pueden secar y se llenará de cristales de sílice.

Compruebe siempre la calidad del líquido especial, ya que como he mencionado anteriormente, el mismo no debe tener cristales flotando y tampoco alteraciones de color. ¿De verdad necesito utilizar agua destilada? ¡Claro que sí! En el agua del grifo e incluso en el agua filtrada podemos tener muchos minerales presentes en cantidades variadas que pueden alterar la reacción de fraguado del revestimiento y su expansión. La cantidad utilizada es muy pequeña para que la consideres como un gasto adicional.

Una vez dosificados el polvo, líquido especial y agua destilada, el espatulado debe ser inmediato para evitar que el líquido se evapore y que el polvo pueda contaminarse con humedad. Para poner estos productos en el recipiente de mezcla, empiece por el líquido y después añada poco a poco el polvo. Con esto evitarás atrapar aire en el interior del polvo, minimizando las porosidades. Se puede realizar el espatulado manualmente o de manera mecánica (espatuladores mecánicos). Sin duda, se consiguen mejores resultados con los espatuladores mecánicos que trabajan al vacío en el interior de los recipientes de mezcla. Esto es debido a algunas diferencias básicas como estandarización del tiempo y velocidad de manejo, así como disminución de las porosidades debido al vacío. Al final del espatulado mecánico al vacío, ponga el recipiente de mezcla sobre una plataforma vibratoria de yeso y deje que el aire entre poco a poco en el recipiente. Dejar que el aire entre rápidamente en el interior del recipiente puede causar condensación de agua en el revestimiento.

Acuérdesese que los recipientes de manejo se desgastan con el tiempo. Como el polvo del revestimiento es abrasivo, las paredes del recipiente se desgastan y empiezan a estar lejos de la pala mezcladora, pudiendo generar un revestimiento mal mezclado con residuos de polvo no manejado en las paredes. En especial para manipular pequeñas cantidades de revestimiento, esto causa una alteración considerable en la proporción original entre polvo y líquido especial, perjudicando la expansión y así el ajuste. Los recipientes de materiales inertes como los polímeros (Ej.: Acrílico, policarbonato) son ideales, ya que el residuo del desgaste de los mismos no interfiere en el revestimiento.

Mantenga los recipientes llenos de agua cuando no estén siendo utilizados o acuérdesese de humedecerlos siempre antes de poner el líquido especial en su interior, inmediatamente antes de la manipulación. Algunos recipientes pueden absorber parte del líquido alterando la proporción original entre

CONSEJO:

En días fríos, la reacción será más lenta y el bloque tardará más para alcanzar un valor adecuado de resistencia. Por lo tanto probablemente tendrás que esperar más tiempo de lo indicado por el fabricante.

Cilindros y vaciado de revestimientos:

polvo y líquido especial. Jamás utilice un recipiente que fue utilizado para mezclar yeso o revestimiento unido por yeso para el espatulado de un revestimiento unido por fosfato. El residuo de yeso podrá interferir en la reacción de fraguado, disminuyendo el tiempo de trabajo. Durante el calentamiento en temperaturas más elevadas, el yeso se descompondrá liberando gases de azufre, contaminando la aleación fundida.

Respete siempre el tiempo determinado por el fabricante para el espatulado. Sin embargo, se pueden realizar pequeños ajustes, ya que existen diferencias entre espatuladoras, recipientes y velocidad. Tenga cuidado con reducciones muy drásticas en el tiempo de espatulado, ya que puede generar revestimiento mal manejado, aparte de permitir la formación y atrapar gases provenientes del contacto del polvo con el líquido especial, generando pequeñas burbujas en la superficie de los modelos de cera.

En el caso de que sea necesario realizar el espatulado manual, un buen consejo es poner el recipiente sobre una plataforma vibratoria de yeso y poner en vibración media. Se pone el líquido especial mezclado con agua destilada y luego el polvo y se hace la mezcla con vibración. Notarás cuantas burbujas de aire son liberadas en este proceso.

La selección de un cilindro para revestimiento correcta, es lo que asegura que obtendrás la expansión deseada con el revestimiento utilizado. Los cilindros metálicos fueron muy utilizados y tuvieron su uso reducido para revestimientos unidos por fosfato debido a la practicidad de los cilindros de silicona. Pero, ¿la ventaja de los cilindros de silicona solo se debe a su practicidad en el uso y limpieza? ¡No! Debemos entender por qué utilizamos estos cilindros para entonces saber seleccionarlos correctamente. La técnica en que se utilizan cilindros flexibles de llama **Técnica de Expansión Libre**.

La idea es que el bloque de revestimiento no tenga nada alrededor que pueda restringir su expansión de fraguado y térmica y por eso se utilizan los cilindros de silicona. Pero atención: ¡para que eso funcione el cilindro debe ser realmente flexible! Se puede encontrar en el mercado algunos cilindros rígidos y que pueden perjudicar todo el proceso (figura 8). ¿Cómo ocurre eso? Imagínese que estas utilizando un cilindro de silicona muy rígido. En el momento que el revestimiento inicia la expansión de fraguado el bloque empezará a expandir en todas las direcciones, ya que es un proceso tridimensional. Sin embargo, tendrá las paredes del cilindro como barreras y entonces expandirá hacia los extremos del cilindro, ya que estas están libres. Con eso el cilindro aumenta sus dimensiones en el sentido de la largada del mismo "llevando con él" la reproducción que el revestimiento hizo de los patrones que hiciste. Es como si "estiraras" el patrón en este sentido, causando distorsión y piezas coladas desajustadas.



FIGURA 8: La imagen de la izquierda muestra un cilindro de silicona adecuado y flexible. En la imagen de la derecha puedes ver un cilindro de silicona ya envejecido por el tiempo y/o mal uso. Debido a su rigidez la expansión correcta del revestimiento es impedida, por lo tanto debe ser sustituido.

Tan pronto como los cilindros de silicona que utilizan empiezan a quedarse rígidos deben ser sustituidos o descartados. Debes de tener siempre el cuidado de lavar los cilindros con algún tipo de detergente neutro y secarlos después de retirar el bloque de revestimiento. Si dejas restos de revestimiento en contacto con la silicona este se puede poner rígido más rápido. Para facilitar la limpieza y remoción del bloque después del fraguado, se puede aplicar una capa muy fina de lubricante para silicona en la base formadora del crisol (base del cilindro).

Una de las etapas críticas es el momento del vaciado del revestimiento recién manipulado en el interior del cilindro. Para este paso, se debe utilizar siempre una vibración moderada y hacer el vaciado del revestimiento en pequeña cantidad y en flujo continuo, es decir, sin vaciar en un momento una gran cantidad de revestimiento y en otro poca cantidad. Siempre antes del vaciado yo aseguro la base al cilindro con un trozo de sello. No es nada agradable cuando llenas el cilindro y la base se suelta, perdiendo todo el revestimiento.

Tenga en cuenta que revestimientos de buena calidad, obtenidos con polvos de granulación muy finos como en el caso del Nanovest M, quedan extremadamente fluidos después de la manipulación, necesitando poca vibración para un vaciado de calidad. Se debe detener el vaciado cuando hay aproximadamente 0,5 a 1 cm de revestimiento sobre la parte más alta del patrón de cera. Cuando hay más espesor en el revestimiento, la salida del vapor generado por la reacción de fraguado del revestimiento se dificulta. Con esto se crea presión en los patrones de cera, que junto con el aumento de temperatura, puede causar distorsión.

Es una práctica común en estos momentos poner el cilindro a presión, dicho procedimiento es correcto y aumenta la resistencia mecánica del revestimiento después del fraguado. Después de leer sobre la composición del polvo, has visto que con el espatulado ocurre una reacción química con liberación de calor que puede ser notada de inmediato por quien ya ha trabajado con revestimientos unidos por fosfato. Podemos encontrar revestimientos en los cuales la temperatura del bloque aumentó hasta 70°C cuando ocurre la reacción química en su plenitud. ¿Por qué debemos saber eso? ¿Te acuerdas de cuando el fabricante recomienda un determinado tiempo de espera después del vaciado del revestimiento, para entonces poner el bloque en el horno (técnica de calentamiento rápido)? Este tiempo tiene relación con el momento de pico de la reacción, ya que alcanza la resistencia mecánica necesaria para que el bloque no se rompa.

Siempre debes dejar sobre la parte superior de los patrones de cera ya montados, un espesor máximo de revestimiento de aproximadamente 8mm. Después del fraguado inicial del revestimiento y antes de ponerlo en el horno, debes hacer un desgaste de esta parte superior del bloque con mucho cuidado. Esto se debe a que hay una precipitación de cristales en esta superficie (observe como ella siempre queda más brillante y lisa que el resto del bloque), pudiendo causar expansión no uniforme en esta región y también dificultar la salida de gases durante el calentamiento. Después del desgaste, debe haber un espesor de revestimiento de cómo mínimo 5mm, ya que si es menos espeso que eso el bloque se sujeta a rotura en el momento de la inyección e impacto de la aleación fundida.

¿Por qué y cómo hacer el pre-calentamiento del bloque?

El calentamiento del bloque de revestimiento tiene como función principal eliminar la cera y/o resina acrílica usada para la confección del patrón de fundición y proporcionar expansión térmica para compensar la contracción de la aleación en la solidificación.

El calentamiento del bloque de revestimiento puede ser realizado según dos técnicas: la técnica de calentamiento convencional (calentamiento lento) y la técnica de calentamiento rápido:

LA TÉCNICA DE CALENTAMIENTO CONVENCIONAL

(Técnica de calentamiento lento o por etapas):

Esta técnica, ya usada con los primeros revestimientos aglutinados por fosfato, consiste en esperar el máximo tiempo posible después de la fuga y calentamiento gradual del bloque. Estén atentos porque normalmente esta técnica debe esperar por lo menos 1 hora después de la fuga para que el bloque pueda ser gradualmente calentado. Normalmente los errores graves en esta técnica se relacionan con tasas de calentamiento muy altas y rápidas. Así, abajo está una sugerencia de niveles para calentamiento convencional que funciona perfectamente con Revestimiento Nanovest M:

Fase	Temperatura inicial	Velocidad de calentamiento	Temperatura final	Tiempo que se mantiene en la temperatura final
1	Ambiente	5°C/minuto o baja	250 °C	20 a 30 minutos
2	250 °C	7°C/minuto o media	500 °C	20 minutos
3	500 °C	7°C/minuto o media	Recomendada por el fabricante de la aleación	30 a 60 minutos

Este ciclo se recomienda en especial cuando hay la presencia de resina acrílica en el patrón de fundición, componentes calcinables para prótesis sobre implante (ej.: Pilares) y para patrones con gran volumen de cera y/o de gran extensión. En el caso de que el patrón sea de pequeña dimensión, hecho solamente con cera y vaciado en cilindros pequeños (hasta 3), se puede alterar la temperatura final del ciclo 1 para 400°C pero se debe mantener la velocidad de calentamiento de 5°C o baja.

A pesar del tiempo necesario para fundir un bloque con esta técnica, es la que proporciona un bloque de revestimiento con mayor resistencia mecánica. Debe ser utilizada siempre como preferente para fundir patrones con cantidades considerables de resina acrílica como prótesis fijas más extensas y componentes para implantes calcinables, ambos hechos de polímero. Esto se justifica por el hecho de que con el calentamiento lento, la eliminación de estos polímeros ocurre de manera diferente de la cera pura. Cuando calentamos la cera rápidamente, gran parte escurre, ya que se convierte en líquido, el resto se propaga por el revestimiento o se carboniza. Ya en el caso de los polímeros, no hay escurrimiento de líquido o dispersión por el revestimiento. Por lo tanto son eliminados básicamente por carbonización ("quemados"). Si el calentamiento se realiza de manera muy rápida, pueden sufrir gran expansión y dañar el revestimiento alrededor del patrón. Con frecuencia escuchamos historias de profesionales que hicieron "todo correcto" en la inclusión de Pilares (calcinables) y que después del colado, al eliminar el revestimiento, encuentran el canal de acceso del tornillo del pilar sellado por una capa de metal. En este caso ocurrió exactamente lo descrito anteriormente. El revestimiento se rompe y la zona de la grieta se llena de metal fundido.

Después de la retirada del bloque de revestimiento del interior del cilindro, si no vas a realizar el colado inmediatamente, mantenga el bloque en una condición que permita el mantenimiento de su humedad natural. El agua en el interior del bloque ayuda en la eliminación de la cera y también en la conducción de calor en el bloque. Sin embargo, de ninguna manera el bloque debe estar en contacto directo con agua, ya que podrá sufrir expansión higroscópica. Una

alternativa es cubrir el bloque con película plástica (plástico para alimentos) o, en algunos casos, como los que hay más tiempo entre la retirada del cilindro y el colado, se recomienda bañar la parte externa del bloque en cera fundida.

Presenta como inconveniente el hecho de que si después del colado de un bloque decido colar otro por la misma técnica, se debe esperar que el horno se enfríe o será necesario tener dos hornos.

TÉCNICA DE CALENTAMIENTO RÁPIDO

Sin dudas la aparición de los revestimientos unidos por fosfato que pueden ser sometidos a esta técnica, ha revolucionado y facilitado el trabajo de los TPDs. Con esta técnica se consigue con facilidad realizar el patrón de cera y como mucho en una hora después ya tener una pieza colada en manos para los ajustes y acabado, algo imposible con el calentamiento lento.

El gran avance en la formulación y en especial en la granulación de los revestimientos, ha posibilitado este avance. Pero exige del profesional aun más cuidado con la estandarización de todas las etapas, ya que los errores pueden fácilmente causar fallos, como grietas en el bloque o hasta rotura del mismo una vez puesto en el horno.

En general, con esta técnica se espera después del vaciado un tiempo determinado por el fabricante (para Nanovest M el tiempo es de 30 minutos) y luego después ya se puede retirar el bloque del cilindro de silicona y ponerlo en el horno previamente calentado a una temperatura de 700°C. Se espera aproximadamente 15 minutos en esta temperatura y enseguida el horno ya puede ser ajustado a la temperatura final, utilizando velocidad media (7°C/minuto) de calentamiento.

Normalmente, esta técnica presenta menor riesgo de fallos cuando se utiliza en bloques más pequeños (hasta 4). El uso de esta técnica con bloques grandes como los de número 6 aumenta el riesgo de grietas.

Es, sin duda, uno de los mayores avances en ahorro de tiempo en el laboratorio. Sin embargo, exige del profesional atención a los tiempos involucrados en la técnica y atención a los detalles. Se recomienda la adquisición de un contador de tiempo (timer) que tenga alguna señal sonora al final del tiempo programado, sobre todo para el control del tiempo antes de poner el bloque en el horno. Pero, en el caso de que olvide de poner el bloque en el horno en el momento correcto, no se arriesgue: realice la técnica de calentamiento convencional.

Los principios fundamentales para establecer la temperatura final de calentamiento del bloque deben asegurar que:

- Haya expansión térmica adecuada y que compense la contracción de la aleación.
- Después del inicio del calentamiento del bloque y cerca de los 300°C, se inicia la liberación de gases compuestos por agua y amonio. Por eso hay el olor característico de amonio en las fases iniciales y la necesidad de tener un sistema de extracción de gases eficiente sobre el horno para bloques de revestimientos.
- Continuando el calentamiento y al acercarse a la temperatura de 750°C, ocurre la reacción entre los agrupamientos de fosfato y sílice, formando complejos de sílice-fosfato. ¿Cuál es la ventaja de eso? Puede haber un aumento en la resistencia mecánica del bloque de hasta 7 veces.
- Sea capaz de mantener la aleación fundida y la fluidez necesaria para el llenado completo de las áreas más delgadas del molde de revestimiento antes de que solidificar.
- Permitir el enfriamiento controlado de la aleación fundida, evitando los cambios en su micro estructura debido a un calentamiento excesivo o insuficiente.
- La temperatura final a alcanzar en el bloque de revestimiento está directamente relacionada con la aleación a colar. Por lo general, hay una diferencia de alrededor de 400°C entre la temperatura utilizada para fundir la aleación y la temperatura a alcanzar el bloque de revestimiento. Por ejemplo, si vas a fundir una aleación con zona de fusión de aproximadamente 1200°C, es probable que utilice una temperatura final de calentamiento del bloque de aproximadamente 800°C. Pero recuerde que éste es un dato de referencia. Lo ideal es utilizar siempre inicialmente los datos facilitados por el fabricante de la aleación para temperatura final del bloque y caso sea necesario, hacer ajustes.

La aparición de grietas en el bloque de revestimiento en el momento del calentamiento puede llegar al

punto de comprometer o incluso provocar la fractura total del mismo durante esta etapa.

En la mayoría de los casos están relacionados con procedimientos erróneos desempeñados por el profesional en el momento en que el revestimiento está desarrollando su reacción de fraguado. Entre las causas más comunes se pueden mencionar:

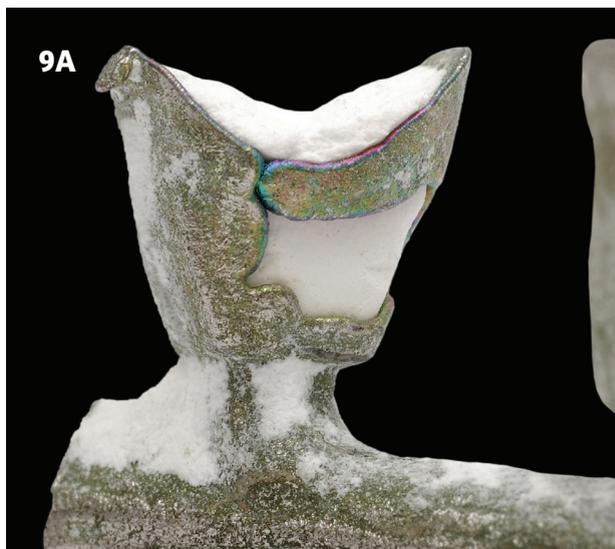
- No se siguió el tiempo de fraguado recomendado por el fabricante (el bloque se manejó antes de tiempo o se esperó demasiado tiempo).
- El bloque sufrió deshidratación severa antes de ir al horno.
- Líquido especial contaminado con cristales con sílice.
- El uso de grandes volúmenes de resina acrílica sin recubrimiento del patrón de cera.

A continuación hay algunas sugerencias que se aplican a cualquier técnica de calentamiento:

- Para colocar el bloque en el horno, colóquelo siempre con el lado abierto (en el área de entrada de la aleación) hacia la base del horno. Es interesante que el bloque sea posicionado en una rejilla o algo similar para permitir que la cera fundida fluya libremente desde el interior del bloque al horno, facilitando así la eliminación de la misma.
- Una vez que un bloque colocado dentro del horno haya alcanzado la temperatura que la cera comienza a fundirse, no abrir la puerta durante los próximos 10 minutos. En el interior del horno están los gases resultantes de la quema de la cera que simplemente no se inflaman debido a la escasez de oxígeno. Sin embargo, si se abre la puerta del horno en este momento, estos gases se mezclan con el oxígeno de la atmósfera, lo que sumado a las altas temperaturas generan fuego. Por lo tanto hay riesgo de combustión de la cera y quemaduras. Si deseas introducir más de un bloque en el horno, haga como máximo un intervalo de 30 segundos después de introducir el primero.
- Evite colocar los bloques demasiado cerca de las paredes laterales del horno, como las resistencias normalmente se encuentran allí, el bloque tendrá un lado o zonas calentadas con una temperatura diferente de las otras. La región con la temperatura más homogénea es el centro del horno.
- Te darás cuenta de que el bloque, después de la eliminación de la cera, tendrá un color oscuro debido a las sustancias que se liberan del revestimiento y la carbonización de la cera. Apenas haga el colado cuando esta característica ya no esté presente.

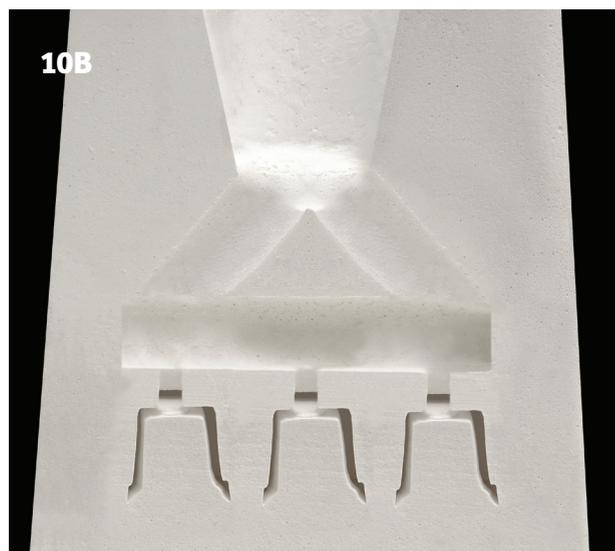
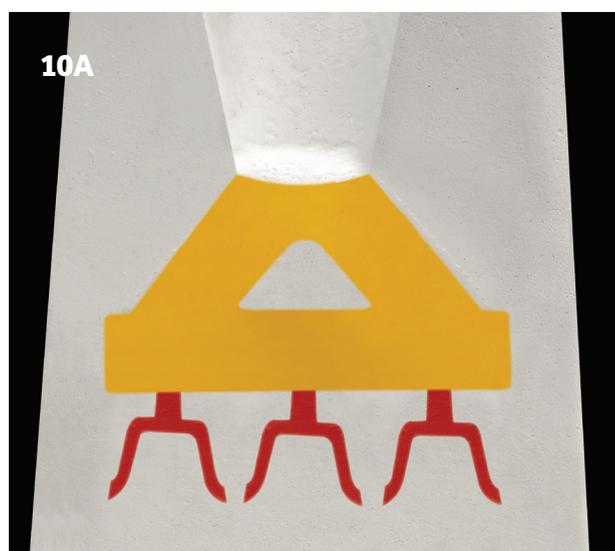
¿Cómo ocurre la eliminación de cera y/o resina acrílica?

Para que el patrón de cera se elimine correctamente, debe asegurarse de que el bloque permanezca un cierto periodo de tiempo a la temperatura final. Esto asegura no sólo la eliminación de la cera, también de los gases generados en la combustión de la cera ricos en carbono. La eliminación incompleta del modelo de fundición debido a la utilización de bajas temperaturas y de tiempo de mantenimiento del bloque insuficiente en el horno puede resultar en piezas coladas con bordes brillantes, redondeados y dependiendo de la aleación, con color azulado (ver Figuras 9A y 9B). Esto se debe a los residuos de la combustión de la cera que se combina con el oxígeno para formar monóxido de carbono, un gas reductor (es decir, previene la oxidación y por lo tanto los bordes se vuelven más brillantes). La presencia de este gas evita que la aleación fundida alcance la zona del molde relacionada con el final y otras áreas, por lo tanto los bordes quedan redondeados. Es como si taparas la punta de una jeringa desechable e intentaras empujar el émbolo. La presencia de aire en el interior evita que el émbolo toque el extremo de su recorrido.



FIGURAS 9A y B: Se observa en las imágenes fallos de fundición causados por atrapamiento de gas dentro del bloque de revestimiento. Note que tanto la imagen 9A (fundición de Ni-Cr) cuánto la 9B (fundición de titanio) presentan los bordes redondeados y tinción de los mismos.

Cuando se utiliza la técnica de calentamiento rápido, la humedad natural del bloque recién manipulado se convierte en vapor debido al calentamiento rápido, creando presión en el patrón de cera. Esto minimiza la contaminación del revestimiento por la cera fundida (disminuyendo el tiempo de permanencia final) y facilita la eliminación de la cera del interior del bloque de revestimiento. Observe las siguientes figuras (10A y B) como el tiempo y/o temperaturas inadecuadas pueden contaminar el bloque de revestimiento.



FIGURAS 10A y 10B: A) Bloque de revestimiento cortado con cera eliminada incompletamente. Estos residuos en contacto con el metal fundido, generan gases y defectos de fundición. B) En esta imagen se ve un corte del bloque con la eliminación completa de la cera.

Una duda muy frecuente es la que se refiere a cuánto tiempo se debe dejar el bloque a la temperatura final antes de la fusión, utilice un simple consejo: Multiplique el número de gramos de revestimiento utilizados por 0,4 para saber aproximadamente cuánto tiempo. Haga una tabla para facilitar más adelante al hacer nuevas incorporaciones. Por ejemplo, un bloque que está hecho con 90 gramos de revestimiento debe estar a la temperatura final durante 36 minutos ($90 \times 0,4 = 36$). Para cada bloque adicional (del mismo tamaño) que colocar en el horno, añada 10 minutos. Así, si en el ejemplo anterior eran dos bloques de 90 gramos se quedarían a la temperatura final por 46 minutos.

¿Y si el bloque se mantiene a la temperatura final más tiempo de lo recomendado? Podemos tener en este caso un proceso de deterioro del revestimiento (Figura 11) en tiempos prolongados en la temperatura final, que normalmente no es baja. Por lo tanto, es común que las piezas coladas presentan superficie extremadamente rugosa. Se recomienda mantener como máximo una hora en la temperatura final.

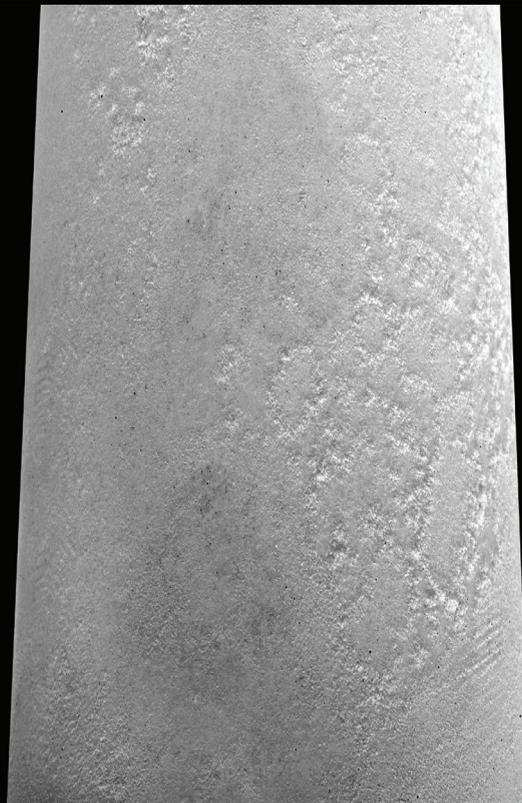


FIGURA 11: Bloque revestimiento que permaneció demasiado tiempo en la temperatura de calentamiento final. Tenga en cuenta la superficie rugosa en el exterior pero también se produce en el interior, generando piezas coladas con superficie irregular y de mala calidad.

METALES, ALEACIONES Y FUNDICIÓN

El equipo de fundición:

Existen muchas dudas relacionadas con el equipo utilizado en la fundición, como tipos distintos de soplete, diferencias entre centrifugas y otros tipos de equipos. Puedo asegurar que el equipo más tecnológico y moderno no asegura resultado en el caso de que la persona que lo opera no tenga conocimiento.

El soplete:

El tipo de soplete a ser utilizado y la mezcla que lo alimenta tienen relación directa con el tipo de metal que será fundido. Esto se debe a que cada mezcla (Ej.: Aire comprimido + gas de cocina) puede generar una temperatura diferente.

Nunca utilice en un soplete el aire comprimido sacándolo directamente del compresor. Este aire que sale del compresor contamina por aceite, humedad y otras sustancias. Por lo tanto, instale un sistema que filtre como mínimo el aceite, el agua y las partículas sólidas que puedan venir del compresor. El aire contaminado puede contaminar la liga metálica y aun causar mal uso del soplete, como en los casos en que la llama empieza a cambiar repentinamente su intensidad o hasta se apaga muchas veces, esto es una clara señal de que el aire está contaminado.

Entre los combustibles que pueden ser utilizados en los sopletes para fundición odontológica están el gas licuado de petróleo (GLP) o más conocido como gas de cocina, es la mejor opción para proporcionar la temperatura y energía que necesitamos y es de fácil acceso. Otros gases como el propano y acetileno no son indicados ya que contienen aproximadamente 4 a 8 veces más hidrocarburos (sustancias que después de la combustión liberan calor) que el gas de cocina, con lo que se obtienen temperaturas extremadamente altas generando un gran riesgo de "quemar" de los elementos que constituyen la aleación y así modificarla.

Es importante diferenciar temperatura de energía o calor proporcionado. Imagínese que tiene una olla muy grande llena de agua en el horno de tu casa. Todas las llamas del horno producen la misma temperatura, ya que utilizan el mismo combustible (gas de cocina) y comburente (aire ambiente). Pero ¿crees que todas tardan el mismo tiempo para calentar esta olla llena de agua? No, porque con llamas más grandes la cantidad de energía proporcionada para calentar el agua es mayor. Con esto entendemos bien que

no siempre el tamaño de la llama o el tamaño de la punta del soplete influyen en la temperatura, pero principalmente la cantidad de calor proporcionado a la aleación. Quien ya intentó por curiosidad fundir aleación de cromo-níquel con el soplete de baja fusión sabe bien de lo que hablamos.

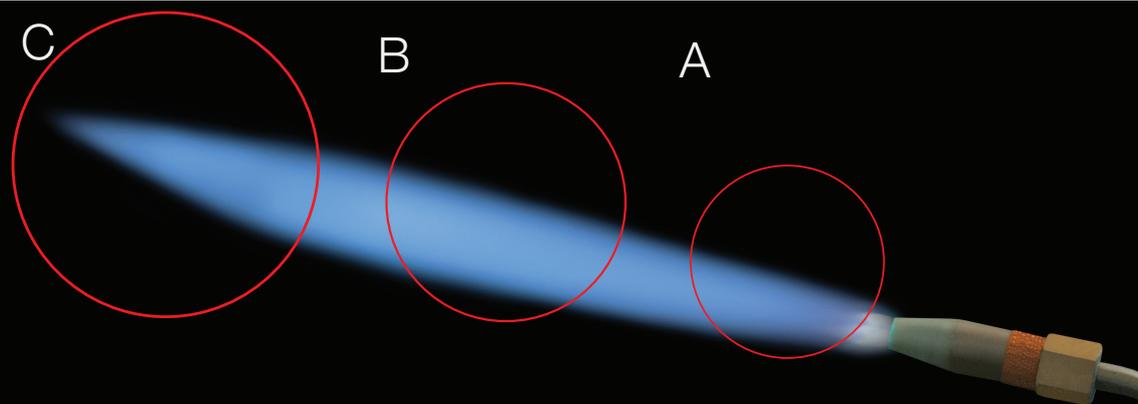
En el caso del gas de cocina, lo que altera la temperatura y energía final proporcionada a la aleación es el tipo de comburente, que puede ser aire comprimido u oxígeno. Para el buen funcionamiento del soplete es imprescindible que se instalen reguladores de presión. Y en el caso de que utilices aire comprimido, lo que antes mencionamos sobre el uso de filtros (agua, aceite y partículas sólidas) es obligatorio.

Saber la parte correcta de la llama que debe ser posicionada sobre la aleación con la finalidad de fundirla puede ser el diferencial entre el éxito y el fracaso en este proceso. El tipo de soplete, sobre todo con relación a la punta del mismo (zona de salida de los gases), puede formar llamas con características distintas. A menudo se cometen errores en la fundición por usar sopletes con puntas dañadas por golpes, que generan llamas irregulares, debido a la mezcla y salida inadecuada de los gases.

Básicamente, la llama de un soplete contiene tres zonas principales (figura 12), descritas a continuación:

- **Zona de llama de color azul-oscuro**, cerca de la punta del soplete: zona oxidante, nunca se debe posicionar sobre la aleación, ya que causa oxidación de la misma y gran pérdida de propiedades de fluidez mecánica.
- **Zona de llama de color azul-claro**: después de la zona de oxidación: región en la cual ocurre la combustión de manera más satisfactoria, teniendo mayor temperatura, siendo ligeramente reducida (es decir, minimiza el riesgo de oxidación de la aleación). Es la zona de uso preferencial en la fundición.
- **Zona de llama de color lila**, zona en que se absorbe el oxígeno del ambiente alrededor de la llama, convirtiéndola en altamente oxidante y de baja temperatura comparada con la zona preferencial.

FIGURA 12: Llama de un soplete utilizando oxígeno y "gas de cocina" (GLP), con las diferentes zonas A: Llama de color azul-oscuro, inadecuada B: Llama de color azul-claro, ideal para fundición C: Llama de color ligeramente lila, inadecuada.



Un error muy común en el uso del soplete es cuando se regula de manera inadecuada la cantidad de gases que van a generar la llama. En el caso de sopletes con oxígeno y gas de cocina, el exceso de gas en la mezcla genera una llama amarilla debido a la combustión incompleta del gas. Los residuos formados se incorporan a la aleación, alterando sus propiedades mecánicas y pudiendo causar burbujas en prótesis de metal-cerámica (figura 13).



FIGURA 13: Llama inadecuada con exceso de gas de cocina en la mezcla.

Ya el exceso de oxígeno también puede perjudicar la aleación fundida por generar temperaturas excesivas y una llama altamente oxidante (figura 14).



FIGURA 14: Llama inadecuada con exceso de oxígeno en la mezcla.

El uso del soplete con llama de temperatura más alta que la ideal o por más tiempo que el necesario para fundir los lingotes causa la “quemada de la aleación”. “Quemar la aleación” involucra proporcionar más energía de lo que se necesita pudiendo hacer que algunos elementos de la aleación se pierdan, lo que puede alterar varias propiedades de la misma. En la figura 15 se puede observar la diferencia en la zona del “botón de fundición” en dos bloques que se han fundido con llamas distintas.



FIGURA 15: Se observa en el bloque 15A la coloración oscura y superficie irregular, lo que indica que la aleación ha sido calentada demasiado o “quemada”. Ya en el bloque 15B se observa la superficie regular con coloración más clara, típica de una fundición de Ni-Cr hecha correctamente.

La “máquina de fundición”:

Al fundir la aleación es necesario que se aplique una fuerza sobre la misma para que sea forzada a entrar en el bloque de revestimiento y permanecer sobre la acción de esta fuerza mientras copia los detalles dejados por el patrón de cera para entonces solidificarse. Para tal función, tenemos distintas máquinas de fundición que aplican fuerzas de manera diferentes: por fuerza centrífuga, por presión, al vacío o hasta una combinación de estos métodos.

Debidamente operadas, cualquiera de estas máquinas puede traer resultados satisfactorios. Con frecuencia surgen dudas sobre cuantas vueltas se debe dar en el muelle de la centrífuga o qué velocidad utilizar en las centrífugas eléctricas. ¿Cómo lo sabemos? Imagine que tiene una bola hecha de algodón en una de las manos y una bola del mismo tamaño pero hecha de plomo en la otra mano. ¿Necesitas la misma fuerza y velocidad para tirarlas? Obviamente no. Esto se aplica también a las centrífugas. Cuanto menor la densidad de la aleación de metal que estás fundiendo, más necesitaras velocidad para poder impulsarla, como ocurre con las aleaciones de titanio y aleaciones con alto contenido de paladio. En el caso de que utilices velocidad menor que la adecuada, puede ser que la aleación no pueda llenar totalmente las zonas más detalladas del bloque de revestimiento.

Para aleaciones con alta densidad, como aquellas a base de oro, si utilizamos velocidades muy altas, podemos impulsar la aleación con tanta velocidad que la misma puede colisionar con las paredes más delicadas del interior del bloque de revestimiento y romperlas. También pueden ocurrir roturas en las paredes internas del bloque de revestimiento, generando formación de rebabas de metal en el colado. Como referencia inicial y sugerición, normalmente estas aleaciones necesitan la mitad de vueltas que normalmente utilizas para colar aleaciones no nobles como las de cromo-níquel.

Para centrífugas accionadas por muelles, al fundir aleaciones de baja densidad y/o en pequeñas cantidades, será necesario aumentar la cantidad de vueltas para asegurar la velocidad y fuerza adecuadas para que la aleación llene el bloque del revestimiento.

Como curiosidad, en la mayoría de los casos antes de la centrífuga completar la mitad de la primera vuelta después de accionada, la aleación fundida ya ha llenado el bloque de revestimiento. Entonces ¿por qué dejar que la misma continúe con su movimiento? Esto se debe hacer para que la fuerza se mantenga hasta que la aleación pase del estado líquido (fundida) al sólido otra vez.

Con relación a los crisoles para fundición, se recomienda especial atención al utilizarlos con aleaciones de intervalo de fusión más altos, como las aleaciones de cromo-níquel. Para estas aleaciones, el uso de

crisoles cerámicos es obligatorio, ya que otros tipos de crisoles pueden no resistir las altas temperaturas y ocurrir desde la degradación del crisol con contaminación de la aleación hasta accidentes involucrando roturas del crisol. No se recomienda la colocación del crisol con la aleación en el interior del horno junto con los bloques, este procedimiento puede causar oxidación en la parte externa de los lingotes, no presentando ninguna función práctica.

Posicionamiento del bloque en la máquina de fundición:

¿Hay necesidad de establecer una posición correcta del bloque en la máquina antes de realizar la fundición? Veamos un ejemplo práctico: imagínese que conduces un coche en alta velocidad en una recta. Luego habrá una curva muy accentuada. ¿Puedes elegir cualquier punto de entrada en esta curva? Obviamente no, sabrías el resultado. Esto ocurre porque habrá influencia sobre las fuerzas que se aplicarán en el coche. En el proceso de fundición en máquinas centrífugas ocurre algo similar. La fuerza en la curva del coche y la fuerza generada al accionar la máquina de fundición centrífuga son similares. Por lo tanto, existen zonas del bloque de revestimiento, que dependiendo de la posición, reciben mayor aplicación de fuerzas. Si nuestra intención es facilitar la entrada de la aleación metálica fundida, podemos colocar el bloque en la zona que contiene el molde de revestimiento girado para donde se generan las fuerzas que van a favorecer la inyección de la aleación fundida, estas zonas se denominan zonas preferenciales.

El flujo de metal fundido en una máquina centrífuga, cuando es inyectado hacia el interior de un bloque, ocurre siempre en dirección opuesta del movimiento del brazo de la máquina y siempre hacia la zona resultante de las fuerzas. Imagine la situación que mencionamos arriba, el coche en una curva y con mucha velocidad... ¿observas como las personas son “empujadas y forzadas” para un determinado lado del coche? La aleación fundida al entrar en el bloque durante el giro de la centrífuga siempre es forzada hacia el lado extremo del bloque.

Por lo tanto, imagine siempre que la aleación “tendrá preferencia” por moverse en dirección a una parte del bloque llamada de **zona preferencial**. Cuando se montan los patrones alrededor de toda la circunferencia del cilindro de silicona, siempre estamos aumentando la posibilidad de error en una de las partes, ya que ponemos los patrones en zonas difíciles de ser rellenas por aleación. Observe que he utilizado la expresión **“aumentando la posibilidad de error”**, ya que hice un colado de este tipo que no presentaba errores visibles. Pero imagina que tu día de mala suerte coincide con el montaje erróneo de un patrón para una prótesis de metal-cerámica de 8 elementos. Muy desagradable, ¿no?

Metales y aleaciones metálicas:

Para determinar la cantidad de aleación metálica que se utilizará, se debe conocer el “peso” del patrón de cera junto con los conductos de alimentación (bebederos). A partir de entonces, solo debes multiplicar este peso (en gramos) por la densidad de la

aleación (o también peso específico, normalmente proporcionado en las instrucciones) y obtenemos una cantidad de aleación que permitirá que se llene el bloque de revestimiento y la mínima cantidad necesaria para los conductos y botón de fundición:

$$\begin{array}{c} \text{PESO PATRÓN} \\ + \\ \text{CONDUCTOS DE CERA} \end{array} \times \text{DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO DE LA ALEACIÓN} = \text{CANTIDAD NECESARIA DE ALEACIÓN}$$

El calentamiento correcto de los lingotes en la fundición es parte fundamental del proceso. Como no tenemos como saber la temperatura que se encuentra la aleación en las máquinas de fundición (centrífugas), controlamos el momento de liberar la máquina por la apariencia de los lingotes. En las aleaciones nobles con alto contenido de oro, normalmente se forma una gota de aleación fundida en el centro del crisol de color naranja. Al tocar ligeramente la pinza en el crisol notamos que esta gota se mueve

con facilidad de un lado al otro. Este es el momento de accionar el movimiento de la máquina.

Ya en las aleaciones no nobles, normalmente cuando se aproxima a la temperatura correcta de accionar la máquina (figuras 16A y 16 B) los lingotes que antes estaban con color naranja fuerte, tirando a blanco, empiezan a perder su forma original (derritiendo) y la superficie oxidada externa presenta pequeñas grietas brillantes.

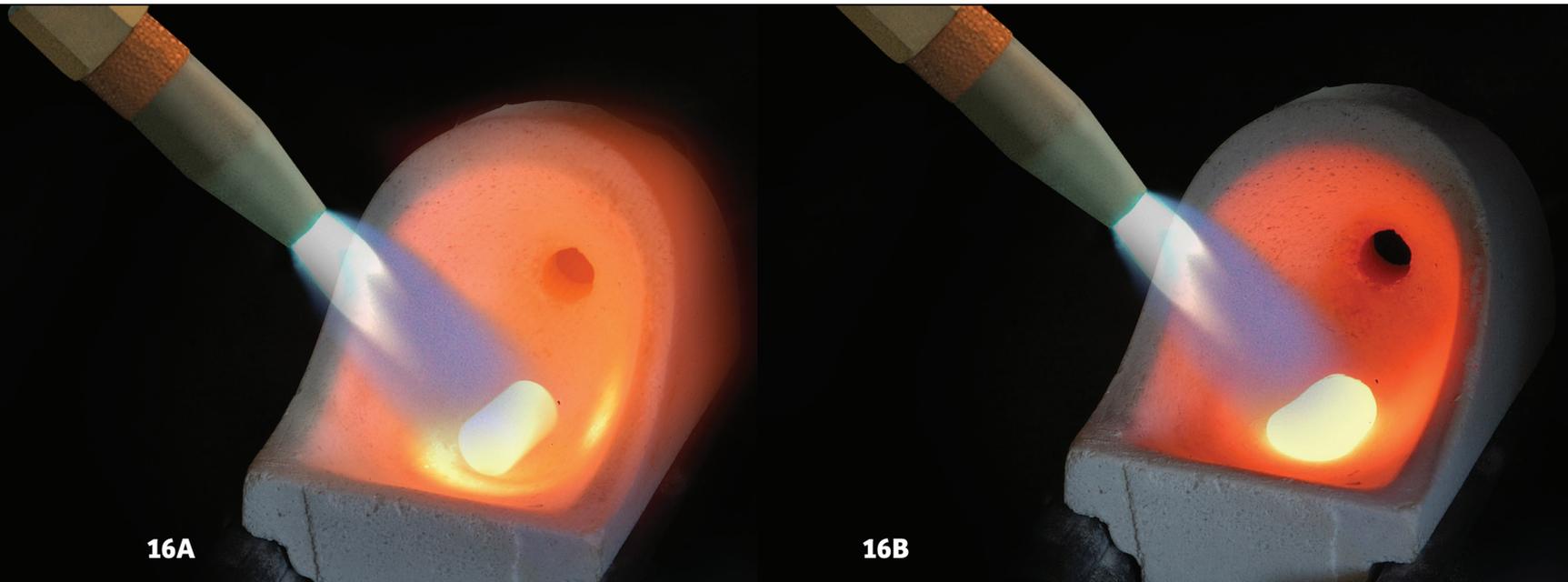


FIGURA 16 A y B: A) En la imagen puedes ver un lingote de Ni-Cr en un momento intermedio del calentamiento para la fundición del mismo. Observe que el lingote se encuentra ya con la coloración típica, pero todavía mantiene su forma. B) Ya en esta imagen vemos el exacto momento en que la máquina de fundición puede ser accionada. El lingote pierde su forma (se derrite) y adquiere un color naranja intenso. Por eso se utilizan gafas indicadas para esta situación.

El calentamiento de aleaciones metálicas a temperatura más alta de la recomendada trae daños considerables al resultado final. Generalmente, las aleaciones sobrecalentadas se adhieren firmemente al revestimiento, presentando un color verde (en el caso de las aleaciones de Ni-Cr). Esta capa de re-acción formada en contacto con el revestimiento es difícil de eliminar (figuras 17A y 17B), lo que requiere mecanizado severo y puede comprometer la adaptación de la pieza, así como crear retrasos en la confección. Es extremadamente perjudicial para las estructuras que van a recibir la cerámica, ya que puede comprometer la aplicación.

Ya en algunos tipos de revestimientos como Nanovest M, características del polvo y la composición química hacen que la reacción entre el re-



FIGURAS 17 A y B: Se puede observar en estas dos imágenes el revestimiento extremadamente adherido en la superficie de la aleación fundida. Algunos revestimientos aunque utilizados correctamente, tienen esta deficiencia, lo que complica enormemente los procesos de mecanizado y acabado.

vestimiento y aleación fundida sea mínima. Obviamente aquí consideramos una situación en la que se realizó la fundición de la aleación correctamente. En las figuras siguientes (18A y 18B) se pueden ver en piezas coladas que se utilizaron el Nanovest M y aleación de cromo-níquel.

Sin embargo, recuerde que aleaciones no nobles presentan capacidad de fluidez limitada en comparación con las aleaciones nobles. Por lo tanto, la fabricación de patrones con un espesor menor o igual a 3 mm aumenta considerablemente la probabilidad de que la aleación no pueda copiar todos los detalles de esta área.



FIGURA 18: Observe en la imagen arriba la ausencia de revestimiento adherido a las superficies de la aleación fundida. En estas se hicieron las eliminaciones de revestimiento solamente con martillo neumático, sin el uso de arenado. En la imagen 18A, observe que el revestimiento no tiene el color oscuro típico de la reacción. En la imagen 18B, observe cómo se han copiado con exactitud los bordes finos y afilados. Hay una protuberancia de metal sobre la superficie de una de las cofias que se colocó sólo para diferenciar dos patrones de cera.

CONSIDERACIONES FINALES

La estandarización de los diversos pasos implicados en el proceso de fundición (y también en otros procesos...) permite al profesional detectar con mayor facilidad y corregir los errores que pueden ocurrir ocasionalmente. Así, recuerda que la suma de los pequeños detalles, pequeños errores a menudo imperceptibles de forma aislada, puede llevar a trabajos de mala calidad. Hoy en día no hay más tiempo para permanecer durante años y años cometiendo errores debidos a la rápida evolución, la competencia y la exigencia del mercado de Laboratorios de prótesis dentales.

Sigue y seguirá siendo durante muchos años el Arte de la prótesis dental vinculada a hábiles manos de un ser humano. Pero el TPD que hoy se limita a depender únicamente del arte, verá que la ciencia carece cuando se trata de reducir la posibilidad de error y ser más eficaz.

Toda la información en este informe reflejan años de duro trabajo de varias personas que no solo dependen de la suerte para hacer piezas coladas. Estas personas gastaron su tiempo dedicándose a la práctica diaria y la investigación. Que desarrollaron productos en empresas que buscan el acceso a materiales de calidad por el mercado nacional, superando las dificultades y límites. Y el éxito es un objetivo claro cuando se combinan materiales de calidad, el conocimiento, la dedicación y el arte. Mi trabajo se resume a recopilar esta información dispersa e insertar algunos grandes aprendizajes ocurridos en el camino. Se espera que la aplicación de los conocimientos reunidos aquí pueda ayudarle a tener previsibilidad en trabajos que impliquen fundición.

Espero que pronto la información contenida en este documento forme parte de la vida cotidiana de una manera sencilla, pero al mismo tiempo íntima de las buenas prácticas y del trabajo hecho de manera segura. Gracias por dedicar su tiempo con la lectura de este informe.

BIBLIOGRAFÍA

MORITA, D. e LEITE, MP. Capítulo 10: Copings metálicos: revelando os segredos da metalurgia. In APDESP. Atualização em Prótese dentária: procedimentos clínico e laboratorial. Editora Altana, p115-126, 2007.

ADA Council on Dental Materials and Devices. Number 4: Revised American national standard for dental inlay casting wax. 1974

GHANBARZADEH, J.; SABOONI, MR.; ROSHAN-NEJAD, R. The effect of storage conditions on dimensional changes of acrylic post-core patterns. J Dent, v.4, n.1, p.27-31, 2007.

HARMS, EJ. e HARMS, ER. Waxing: perfecting the dip technique. Journal of Dental Technology, p.30-32, July/August 2003

HARMS, EJ. e HARMS, ER. Investing for a precision fit. Journal of Dental Technology, p.30-32, July/August 2003

HARMS, EJ. e HARMS, ER. Casting techniques to assure the integrity of all alloys. Journal of Dental Technology, p.28-31, October 2003

MARZOUK, MA.; KERBY, J. The exothermic casting procedure: a comparative study of four thermal treatments. Chicago: Quintessence Yearbook 1968, p.177-85

MOJON P. et al. Polymerization shrinkage of index and pattern acrylic resins. J Prosthet Dent, v.64, n.6, p.684-688, Dec 1990.

INGRAHAM'S, R. An Atlas of cast gold procedures 1964

RHOADS, JE.; RUDD, KD.; MORROW, RM. Dental laboratory procedures: fixed partial dentures. 2ed., editora CV Mosby, 1986

MARTIGNONI, M.; SCHÖNENBERGER, A. - Precision fixed prosthodontics clinical and laboratory aspects. Chicago: Quintessence, 1990, 580p.

FUSAYAMA, T. Factors and technique of precision casting part I, Journal of Prosthetic Dentistry, v.9, n.3, p 468-485, May 1959.

FUSAYAMA, T. Factors and technique of precision casting part II, Journal of Prosthetic Dentistry, v.9, n.3, p 486-497, May 1959.

Angelus Indústria de
Produtos Odontológicos S/A.

Rua Waldir Landgraf, 101. 86031.218
Londrina, PR, Brasil

Telefone +55 43 2101.3200
Fax +55 43 2101.3201

www.angelus.ind.br

SAC
0800 727 3201
sac@angelus.ind.br

