

04.73.06

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1973

TE. 25/103

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA DE TECNOLOGIA

SUPERALEACIONES PARA SOLDADURAS DENTALES

H. PRILUTZKY, T. PALACIOS Y O. RIESGO

BUENOS AIRES
1973

TE. 25/103

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA DE TECNOLOGIA

SUPERALEACIONES PARA SOLDADURAS DENTALES

H. PRILUTZKY, T. PALACIOS Y O. RIESGO

BUENOS AIRES
1973

SUPERALEACIONES PARA SOLDADURAS DENTALES

H. Prilutzky*, T. Palacios*, O. Riesgo**

La utilización de aleaciones metálicas de base Cromo-Níquel, para soldaduras con porcelana en aplicaciones de prótesis dentales fueron empleadas en los análisis efectuados en trabajos anteriores (1). En ellos se observó la interfase y zonas vecinas a la misma en función de la difusión de solutos que se producen en el estado sólido durante el enfriamiento que sigue a la soldadura así como también durante los tratamientos térmicos posteriores.

Ahora bien, siguiendo esa línea de investigación, este trabajo se halla referido exclusivamente a las aleaciones metálicas empleadas citadas anteriormente.

Los estudios cualitativos y cuantitativos realizados dejan un conocimiento bastante claro sobre la subestructura del metal como asimismo la distribución de solutos resultantes.

Se utilizaron dos materiales: Wiron*** (a) y Jel-Span**** (b), donde la diferencia esencial observada entre ambos estriba en la presencia de un componente precioso: el Paladio en el Jel-Span.

La presencia de una gran cantidad de elementos presentes en las distintas aleaciones hacen ciertamente difícil determinar las distribuciones espaciales de los mismos, así como también la realización de un análisis cuantitativo exhaustivo, dado que la literatura donde se mencionan características físicas y químicas de las aleaciones de base Cr-Ni se refieren en general a sistemas simples exclusivamente (2).

Por los resultados alcanzados en nuestro análisis, se ha comprobado que el Ni se encuentra en solución sólida en el Cr, así como también que los diferentes componentes han variado los distintos puntos de fusión: 1380°C para (a) y 1160 a 1190°C para (b).

* Comisión Nacional de Energía Atómica, Gerencia de Tecnología.

** Facultad de Odontología, U. de Buenos Aires.

*** Wiron Keramic-Bremer Goldschlager & Wilh Herbst (Rep. Federal de Alemania)

**** Jel-Span J. F. Jelenko Company Inc., New Rochelle, N. Y. (EE. UU).

Sin embargo con los contenidos de Cr presentes se mantuvieron las propiedades típicas de las superaleaciones tales como: 1º) proveer al material de un alto grado de resistencia a la oxidación (hecho este evidenciado al no detectarse la presencia de óxidos), y 2º) mayor resistencia mecánica a altas temperaturas (3).

A pesar de las dificultades enunciadas anteriormente, se ha logrado una concordancia razonablemente satisfactoria entre los resultados y conclusiones de los análisis efectuados mediante el empleo de técnicas distintas: por un lado la Microsonda electrónica***, y por otro lado observaciones metalográficas que han dado definiciones de las características estructurales.

Otras de las dificultades presentes es la falta de información sobre los tratamientos térmicos llevados a cabo en las distintas aleaciones, siendo importante conocer la historia del material para posteriores conclusiones acerca de las propiedades mecánicas, si bien el conocimiento de una microestructura permite predecir aspectos fundamentales del comportamiento del material.

MÉTODOS EMPLEADOS

Los análisis cuali y cuantitativos se efectuaron con la Microsonda. Los datos experimentales fueron corregidos por medio de programas de computadora para los efectos de fluorescencia, absorción y número atómico (4).

En ambos casos (a) y (b) se utilizó el programa COR que corrige todos los elementos analizados. Este programa debido a J. Henoc fué adaptado del original proporcionado por el National Bureau Standards (5).

Las muestras fueron incluidas en acrílico a temperatura ambiente, y posteriormente pulidas mecánicamente con papeles de carburo de silicio al agua de variada granulometría hasta el 600, finalmente terminadas con pasta de diamante para lograr una superficie especular.

Antes de ser introducidas en la microsonda las mismas fueron metalizadas con una capa sumamente delgada de cobre, para mejorar la conductividad eléctrica y térmica, y evitar así posibles fuentes de error en los resultados experimentales.

*** Equipo Microsonda Electrónica C. A. M. E. C. A. - Modelo MS 46.

MATERIALES UTILIZADOS: ANALISIS METALOGRAFICOS

Ambas aleaciones analizadas mostraron una estructura dendrítica, estructura que resulta de las condiciones de solidificación de las mismas (6).

El control de la velocidad de enfriamiento y de las condiciones de solidificación de terminan la posterior distribución de los elementos presentes en las aleaciones que muestran en la complejidad de su estructura no ser de composición química homogénea.

Los espacios interdendriticos son los últimos en solidificar y son más ricos en solutos que las ramas dendríticas.

Asimismo, dichos espacios presentan en general una distribución de solutos inhomogénea caracterizada por la presencia de segregaciones de alta concentración de uno o varios solutos, e inclusive puede producirse una estructura eutéctica.

Mediante el empleo de la técnica metalográfica nos fue posible observar perfectamente tanto en el Wiron como en el Jel-Span las características de estructuras mencionadas anteriormente, con los detalles presentes en las aleaciones.

A los efectos de la observación de la microestructura se realizó posterior al pulido mecánico un ataque utilizando los siguientes reactivos:

WIRON	JEL-SPAN
25% Acido Nítrico	50% Acido Acético Glacial
75% Acido Clorhídrico	50% Acido Nítrico
3 seg. a temperatura ambiente	7 seg. a temperatura ambiente

Luego con aumento adecuado se lograron fotografías con imágenes de definición correcta:

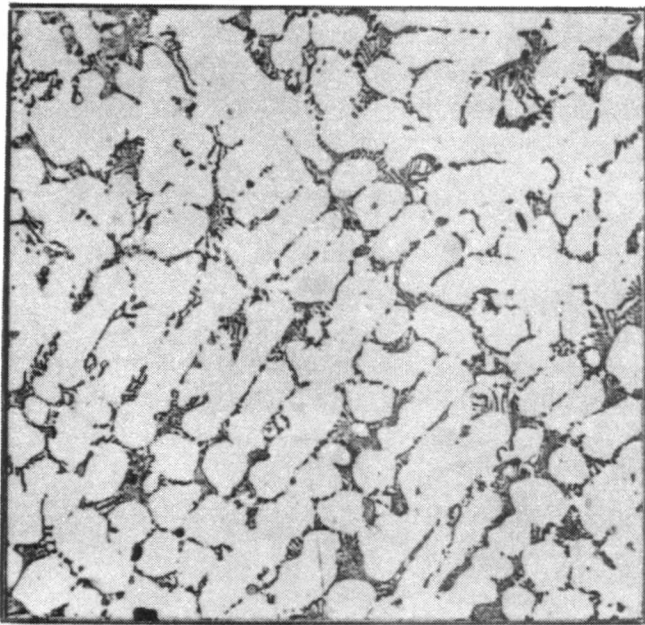


Fig. 1 - Wiron
Aumento 200 X

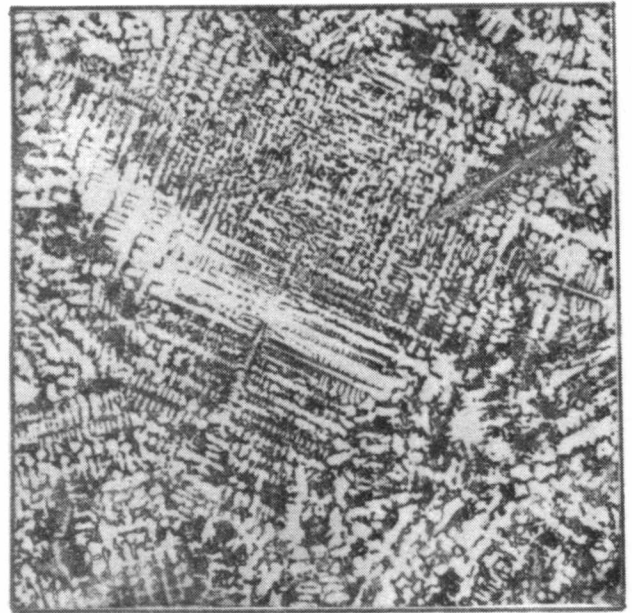


Fig. 2 - Jol-Span
Aumento 200 X

De acuerdo con las imágenes de las Fig. 1 y 2 se observa que las dendritas de (b) son más finas que la de la aleación (a), al mismo tiempo ambos casos muestran en los espacios interdendríticos la presencia de eutécticos. Para mayor definición en el caso (b) se efectuó una imagen con mayor aumento como muestra la Fig. 3.

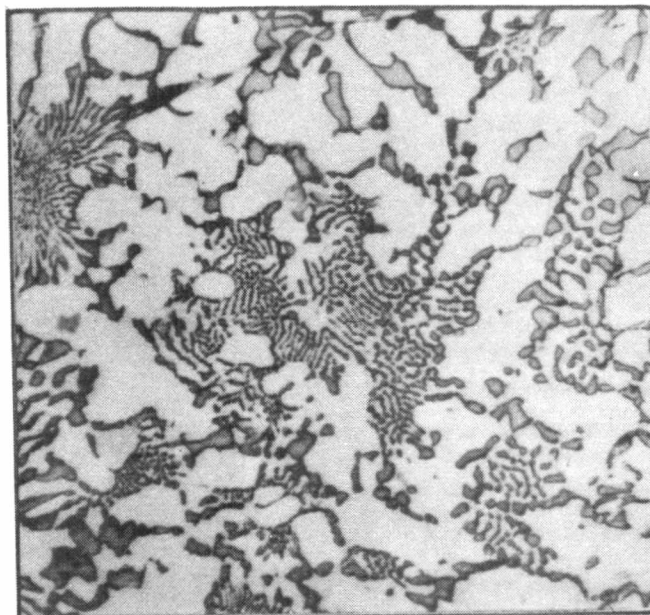


Fig. 3 - Jol-Span
Aumento 1000 X

RESULTADOS

WIRON (a)

El análisis cualitativo nos muestra por medio de la Microsonda la distribución de los elementos presentes, en correspondencia con los resultados obtenidos por espectrografía, que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla N° 1

Elemento analizado	Porcentaje en peso
Silicio (Si)	+
Aluminio (Al)	++
Manganeso (Mn)	++
Cobalto (Co)	+
Molibdeno (Mo)	++
Niquel (Ni)	+++
Cromo (Cr)	+++
Berilio (Be)	+
Hierro (Fe)	+
Magnesio (Mg)	+

hasta 1%	+	)	Proporciones relativas de los elementos
entre 1% y 5%	++	)	
más del 5%	+++	)	

La Fig. 4 muestra una imagen electrónica del metal Wiron que, como puede apreciarse se corresponde con la micrografía que se expone en la Fig. 1.

El Ni, principal componente de la aleación, se distribuye en forma homogénea como puede apreciarse en la Fig. 5. El Cr, Mn, Mo, Fig. 6, 7 y 8 respectivamente, se encuentran en las ramas de las dendritas, si bien el Mn y el Mo han segregado en espacios interdendríticos.

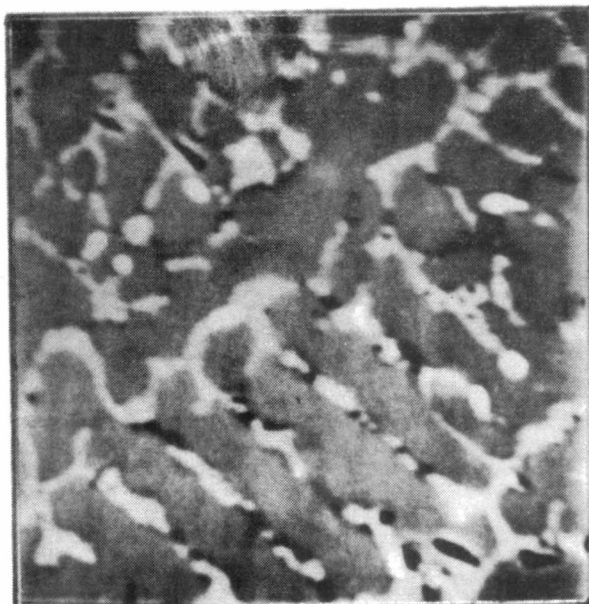


Fig. 4 - Imagen electrónica (+)
metal Wiron. 100 x 100 μm .

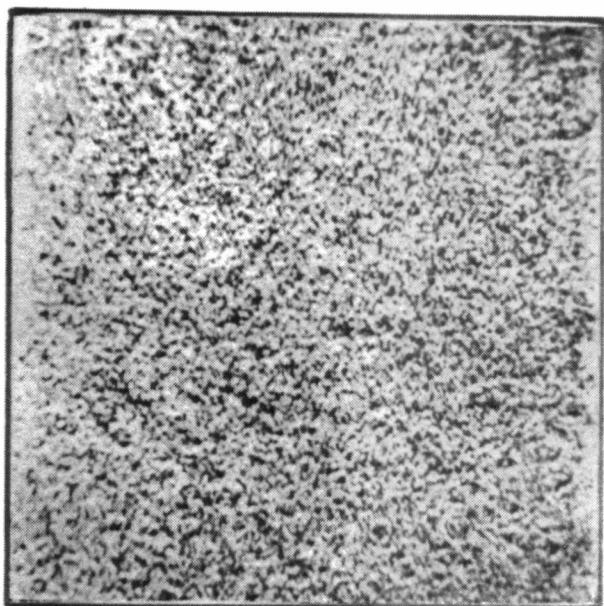


Fig.5 - Misma zona. Imagen Rayos X
Ni $K\alpha_1$. 100 x 100 μm .

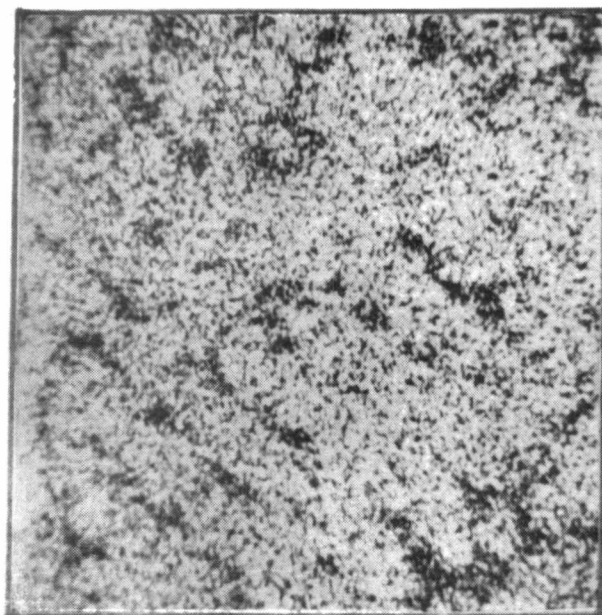


Fig.6 - Misma zona. Imagen Rayos X
Cr $K\alpha_1$. 100 x 100 μm .

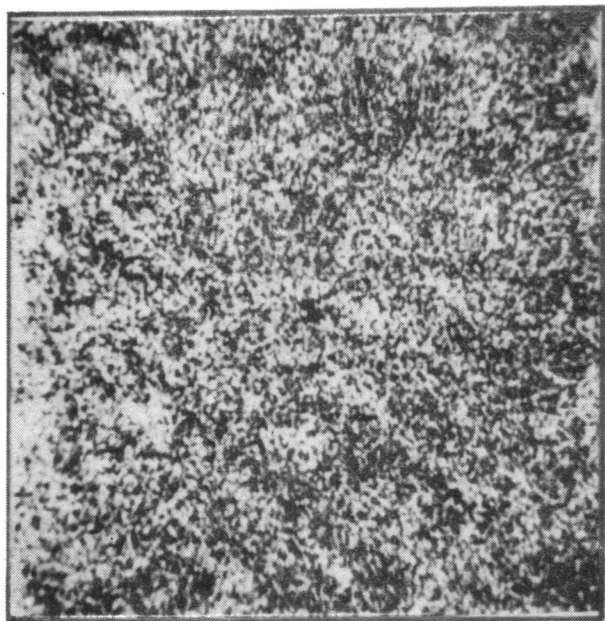


Fig.7 - Misma zona. Imagen Rayos X
Mn $K\alpha_1$. 100 x 100 μ m.

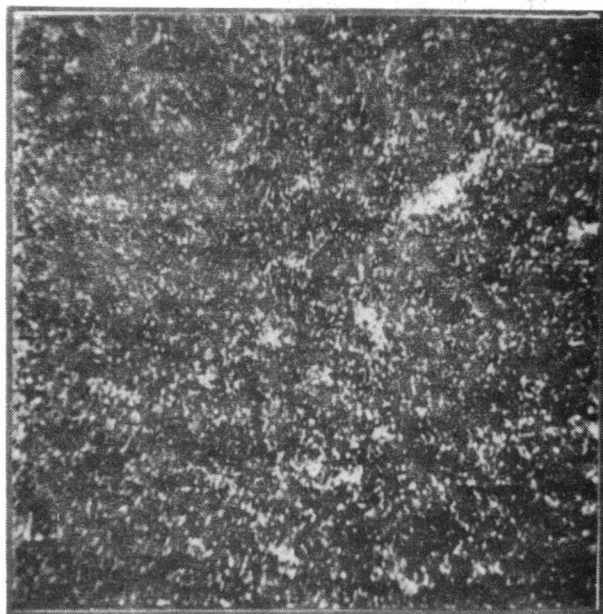


Fig.8 - Misma zona. Imagen Rayos X
Mo $L\alpha_1$. 100 x 100 μ m.

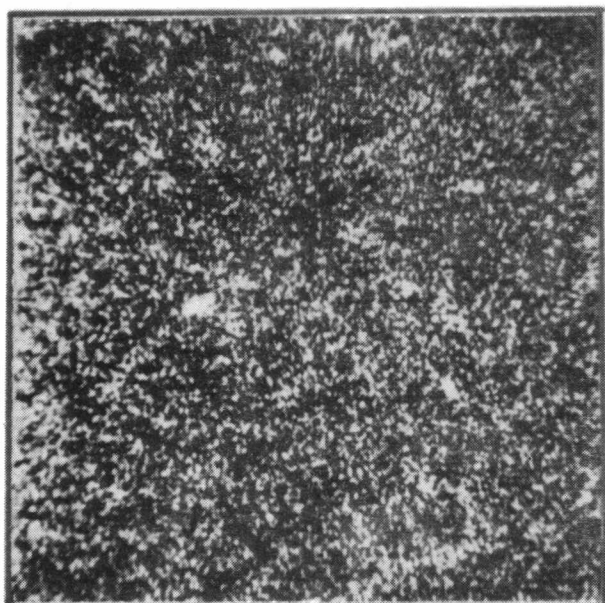


Fig.9 - Misma zona. Imagen Rayos X
Al $K\alpha_1$. 100 x 100 μ m.

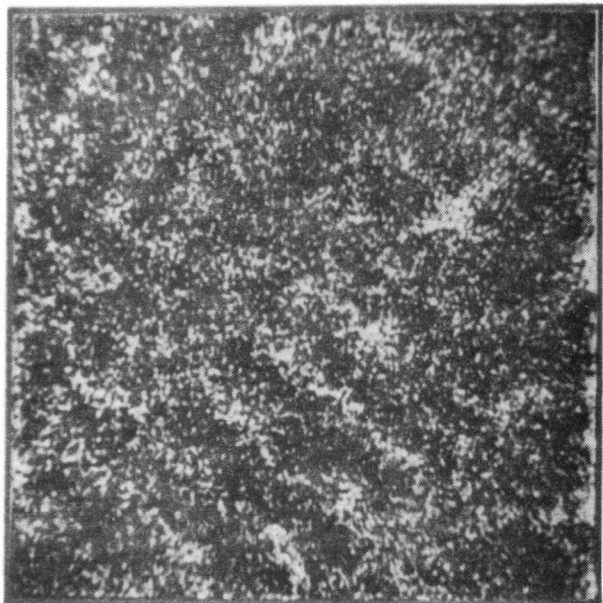


Fig.10 - Misma zona. Imagen Rayos X
Si $K\alpha_1$. 100 x 100 μ m.

El Al (Fig. 9) presenta una segregación similar a la del Mo, mientras que el Si muestra una fuerte concentración en los espacios interdendríticos (Fig. 10).

En un análisis puntual realizado sobre el mismo área barrido para las imágenes anteriores fué posible detectar también cantidades pequeñas de Fe, Mg y Co, si bien no fue posible obtener como en los otros elementos las imágenes "X" correspondientes.

El Be determinado por espectrografía no se puede detectar por microsonda por ser de número atómico bajo y gran longitud de onda.

Con el análisis cuantitativo realizado en forma puntual, con las correcciones correspondientes mencionadas anteriormente, se lograron los siguientes resultados:

Tabla N° 2

Elemento analizado	Porcentaje en peso
Silicio (Si)	0,31
Aluminio (Al)	2,04
Manganeso (Mn)	4,24
Molibdeno (Mo)	2,87
Niquel (Ni)	63,89
Cromo (Cr)	16,37
Cobalto (Co)	)
	)
Berilio (Be)	)
	)
Hierro (Fe)	)
	)
Magnesio (Mg)	)
	)
otros	)
	10,29 (*)

(*) Estos elementos se obtuvieron por diferencia, si bien el Co, Fe, Mg pudieron detectarse, ello solo se obtuvo en muy pocas zonas, haciendo no significativo estadísticamente un análisis correcto de los porcentajes presentes

Dada la distribución heterogénea de los elementos presentes (salvo el caso del Ni), los datos obtenidos resultan un promedio estadístico de una cantidad de puntos considerados para efectuar el análisis

JEL-SPAN (b)

Esta aleación presenta el agregado de un elemento precioso, el Pd. El análisis cualitativo espectrográfico arrojó los siguientes datos:

Tabla Nº 3

Elemento analizado	Porcentaje en peso
Silicio (Si)	+
Aluminio (Al)	+
Manganeso (Mn)	+
Cobalto (Co)	+++
Molibdeno (Mo)	++
Niquel (Ni)	+++
Cromo (Cr)	+++
Berilio (Be)	+
Paladio (Pd)	+++

hasta 1%	+	)	Proporciones relativas de los elementos
entre 1% y 5%	++	)	
más de 5%	+++	)	

La distribución observada con la microsonda de los principales elementos también mostró al Ni distribuido en forma casi homogénea (Fig. 12), ya que puede notarse la falta de Ni en zonas que aparentemente corresponden a ramas primarias de las dendritas. Especificaciones adicionales al respecto nos harían entrar en un terreno especulativo.

El Mn (Fig. 13) se halla en general formando segregaciones en zonas interdendríticas; respecto al Cr, Co y Mo (Fig. 14 - 15 y 16) se encuentran distribuidos en las dendritas, con la particularidad de que el Mo presenta algunas segregaciones en donde se observa ausencia de Ni o sea ramas primarias de las dendritas.

El Pd (Fig. 17) muestra una distribución en espacios interdendríticos.

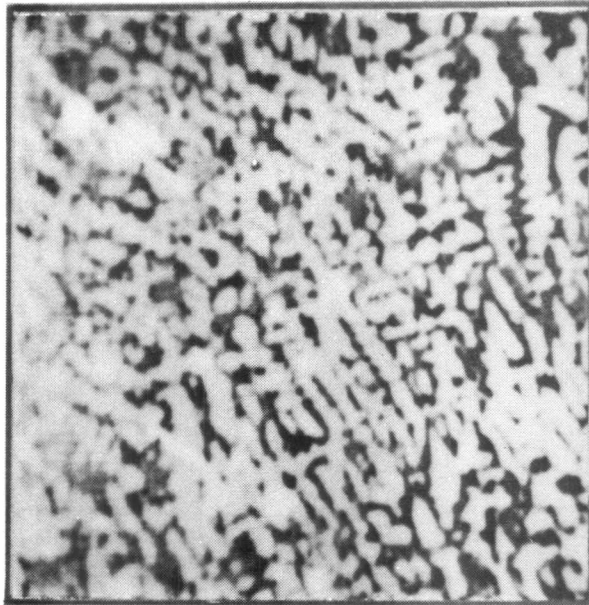


Fig. 11 - Metal Jel-Span. Imagen electrónica (+). 200 x 200 μ m.

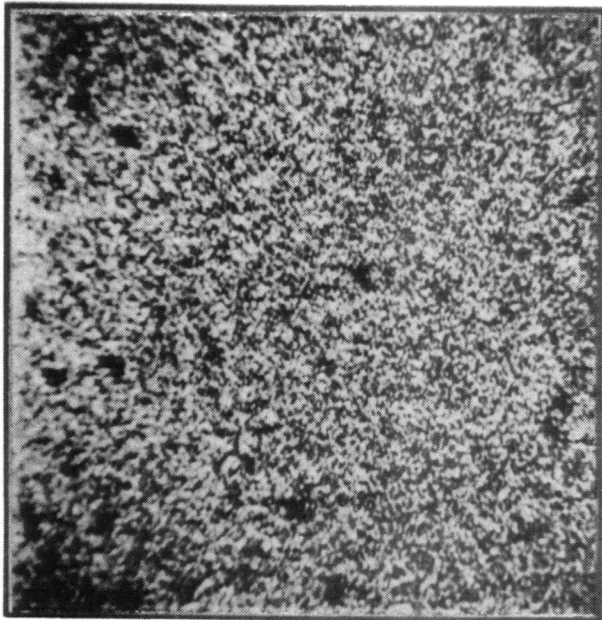


Fig. 12 - Misma zona. Imagen Rayos X Ni $K\alpha_1$. 200 x 200 μ m.

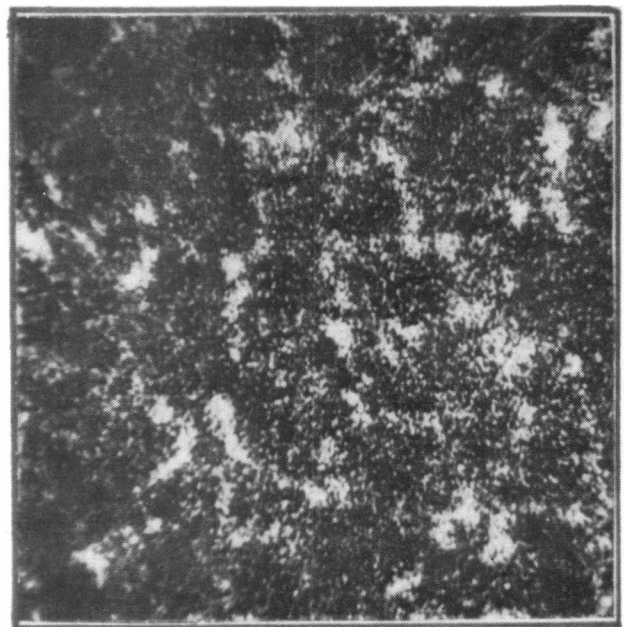


Fig. 13 - Misma zona. Imagen rayos X Mn $K\alpha_1$. 200 x 200 μ m.

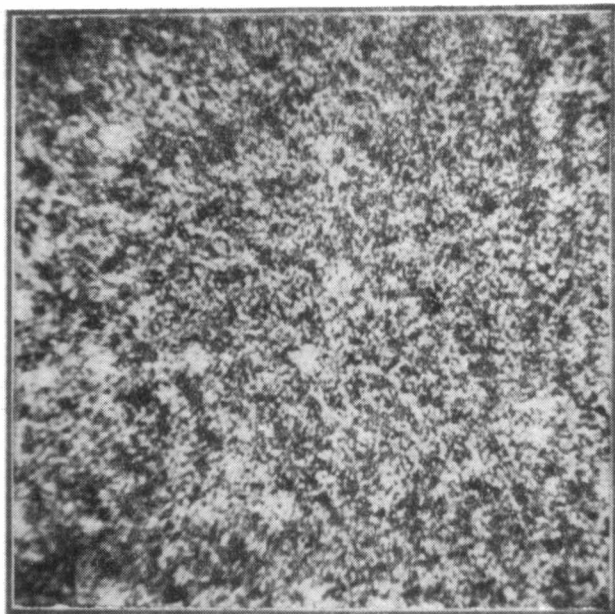


Fig.14 - Misma zona. Imagen Rayos X
Cr $K\alpha_1$. 200 x 200 μm .

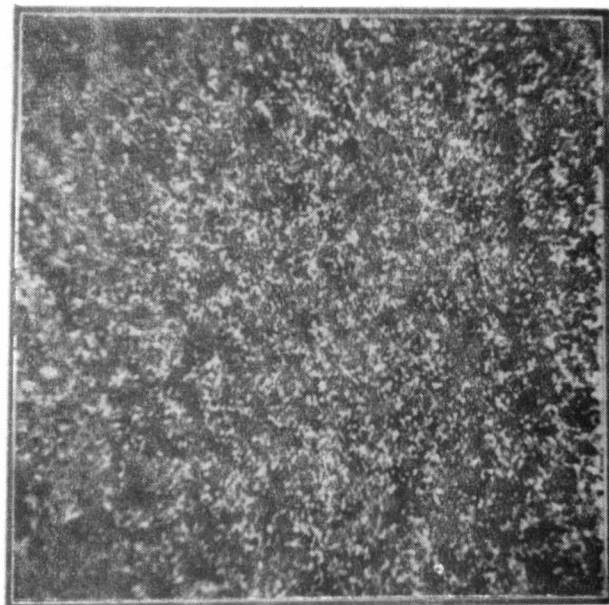


Fig.15 - Misma zona. Imagen Rayos X
Co $K\alpha_1$. 200 x 200 μm .

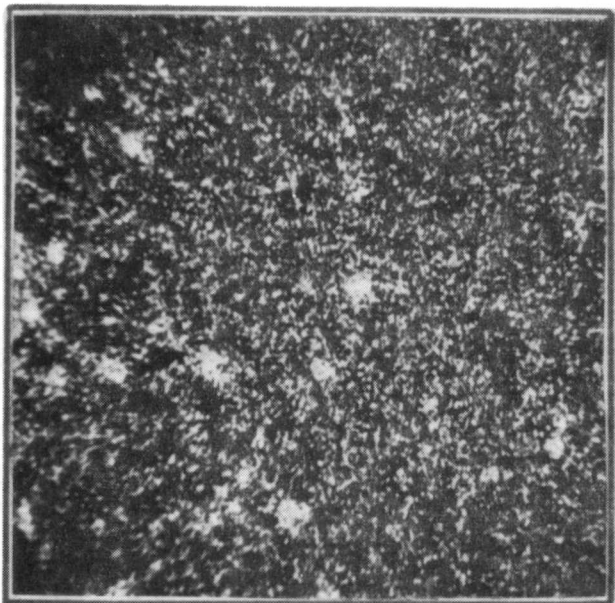


Fig.16 - Misma zona. Imagen Rayos X
Mo $L\alpha_1$. 200 x 200 μm .

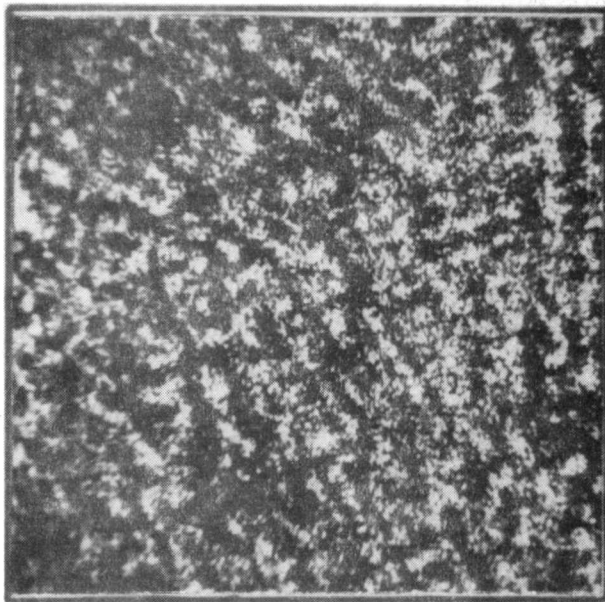


Fig.17 - Misma zona. Imagen Rayos X
Pd $K\alpha_1$. 200 x 200 μm .

El análisis cuantitativo arrojó los siguientes datos:

Tabla N° 4

Elemento analizado	porcentaje en peso
Silicio (Si)	0, 28
Aluminio (Al)	0, 04
Manganeso (Mn)	0, 86
Cobalto (Co)	11, 55
Molibdeno (Mo)	2, 40
Niquel (Ni)	36, 61
Cromo (Cr)	25, 06
Paladio (Pd)	24, 21

Este análisis también fue realizado punto a punto e igualmente por la heterogeneidad de la muestra, los resultados son un promedio de las concentraciones de los elementos presentes

El hecho de que el porcentaje total sumado exceda el 100% en $\pm 1\%$ no es significativo, pues se halla dentro del error teórico experimental. aceptado hasta los conocimientos actuales, de técnicas de microanálisis (7)

ESTUDIO COMPARATIVO

Observando ambas aleaciones, es posible establecer que si bien tanto el Wiron como el Jel-Span presentan homogeneidad en Niquel, la cantidad presente de este elemento en (a) es casi el doble que en (b); igualmente hay variación en la proporción de Cromo, que es menor en (a)

El Cobalto que fué observado perfectamente en (b) distribuído en las dendritas, en el caso (a) sólo se detectó en cantidades muy pequeñas

La presencia de Paladio en (b) si bien obviamente no inhibe la estructura dendrítica observada en ambos casos, parece ser importante en cuanto a las propiedades del material para el tipo concreto de la interfase que se forma posteriormente al efectuarse el par de soldadura metal-porcelana (8).

Otra diferencia fué la presencia de Aluminio que encontramos en (a) distribuído en las zonas interdendríticas en algunos precipitados, y que no se detectó en (b).

Referente a los datos cuantitativos obtenidos experimentalmente se tomaron sobre un número de puntos " X_i " al azar, en los cuales se midió sobre un tiempo " t " suficiente para acumular un número de cuentas estadísticamente significativas " N_i ", las cuales corresponden a una distribución normal o gaussiana, que tiene una desviación standard igual a la raíz cuadrada del promedio (4).

R E S U M E N

Como consecuencia del estudio realizado, creemos importante señalar dos aspectos que aparecen como fundamentales, uno referente a la subestructura de solidificación, y el otro a la composición.

Ambas aleaciones presentan una estructura dendrítica, si bien los espaciados son distintos, y difieren en la presencia de un elemento precioso que es el Pd.

La aleación Jel-Span, que es la que contiene Pd, es más ventajosa en cuanto a la calidad de la soldadura metal-porcelana que se obtiene (8). Pero presenta, obviamente, una desventaja económica.

Por ello, cobra importancia el otro aspecto señalado y en ese sentido surge de inmediato la posibilidad de encarar un nuevo estudio a partir de los conocimientos adquiridos hasta el momento.

Esto es, controlando las condiciones de solidificación en el caso de una aleación sin Pd, así como también los tratamientos térmicos posteriores para producir una distribución lo más homogénea posible de solutos, dado que tal cual se observó, la presencia de segregaciones metálicas y no metálicas junto al eutéctico en la subestructura dendrítica origina zonas de gran fragilidad por ser de menor punto de fusión. Es así que el material pierde cohesión.

Remarquemos pues la importancia de continuar investigando en la obtención de aleaciones de base Cromo-Niquel de calidad superior, para aplicaciones futuras de soldaduras con porcelana, aplicadas en prótesis dental.

AGRADECIMIENTOS

Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

La colaboración y los aportes brindados por el Ing. H. Espejo y la Dra. D. Faisn-
tein, Al Dr. C Libanati como así mismo al Centro de Estudios de Cerámica Dental
(Facultad de Odontología, Univ. de Buenos Aires).

BIBLIOGRAFIA

1. O. Riesgo, H. Prilutzky, T. Palacios "Unión de aleaciones de Cromoniquel y porcelana", Rev. Asoc. Odont. Arg. Vol. 60 No. 7 Julio 1972.
2. S. J. Rosemberg "Nickel and its Alloys" U.S. Dep. of Commerce N. B. S. Mono-graph 106 1968.
3. O. Riesgo "Propiedades mecánicas de aleaciones de oro y de cromo para uso ce-rámico". Rev. Asoc. Odontológica Argentina 59. 29-31. 1970.
4. J. Philibert "Modern Analytical Techniques for metals and alloys". Part 2, Ed. Bunshah.
5. J. Henoc "Aplication du programme CØR a la microanalyse par sonde electroni-que". Centre Nat. D'etudes des Telec. P. E. C. No. 61. 1970.
6. B. Chalmers "Principles of Solidification". 1964.
7. D. R. Beaman, J. A. Isasi "Electron Beam Microanalysis" ASTM Technical Publi-cation 506. 1972.
8. O. Riesgo, H. Prilutzky, T. Palacios "Interfase Cromoniquel-porcelana: Paladio". A publicarse en Revista Odontológica. Julio 1973.