

bandas metálicas para alta temperatura MANUAL TÉCNICO

En las bandas de temperatura de operación superior a 800 °C aparece un factor limitativo importante, es la fluencia por temperatura, (también descrito como creep por algunos autores).

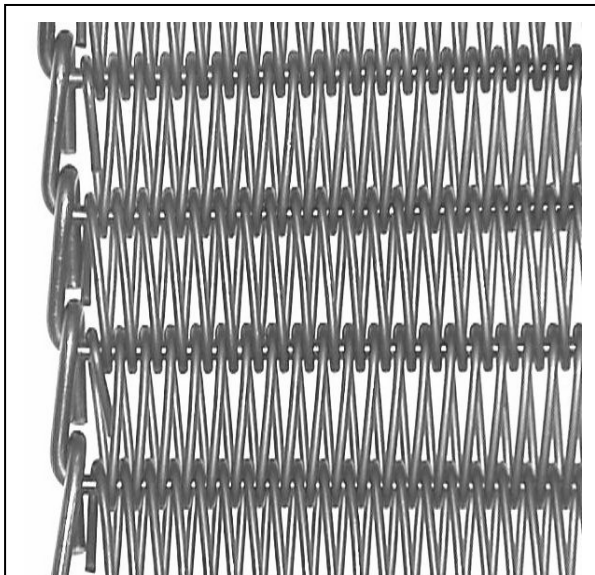
La fluencia, es la lenta elongación que experimentan los metales sometidos a altas temperaturas y bajas cargas y es función de la composición del material, tiempo, temperatura y también de la tensión y de como se producen las variaciones de tensión, tanto en amplitud como en tiempo.

Por lo tanto en las bandas para alta temperatura, no solo se experimenta el alargamiento o elongación inicial debido a fenómenos mecánicos, sino que se produce un alargamiento continuado durante toda la vida de la banda, debido a la fluencia.

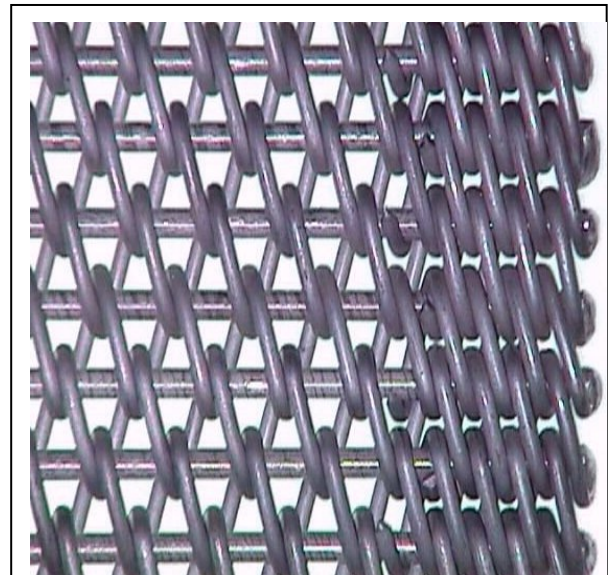
El hecho de que el valor máximo de alargamiento por fluencia o creep primario se produzca durante aproximadamente las 300 primeras horas de funcionamiento, hace que el periodo de puesta en servicio de la instalación sea el más crítico, por ser en el que se dan las mayores distorsiones y alargamiento de la banda.

La adecuada combinación de diseño mecánico de la banda, material y método de puesta en servicio, puede optimizar la relación coste – vida útil de la banda, y por tanto, de estos factores vamos a tratar en los apartados siguientes.

1.1. Tipos de bandas para aplicaciones a alta temperatura



BANDA TIPO ER



BANDA TIPO ARR

1.2. Materiales para bandas de alta temperatura

AISI 314

Aleación ampliamente utilizada en aplicaciones hasta 1150 °C en atmósfera protectora o 850 °C en aire. Presenta unas buenas propiedades mecánicas a alta temperatura, así como resistencia a la oxidación y a la carburación, siempre y cuando no se vea sometido a ambientes corrosivos en el rango de temperaturas de 430 a 950 °C, donde sufre el proceso de precipitación de carburos.

Su utilización está generalizada en los procesos de sintetizado de polvos metálicos y soldadura de cobre, debido a que presenta la mejor relación coste – vida útil.

ALEACIÓN DS.(37-18)

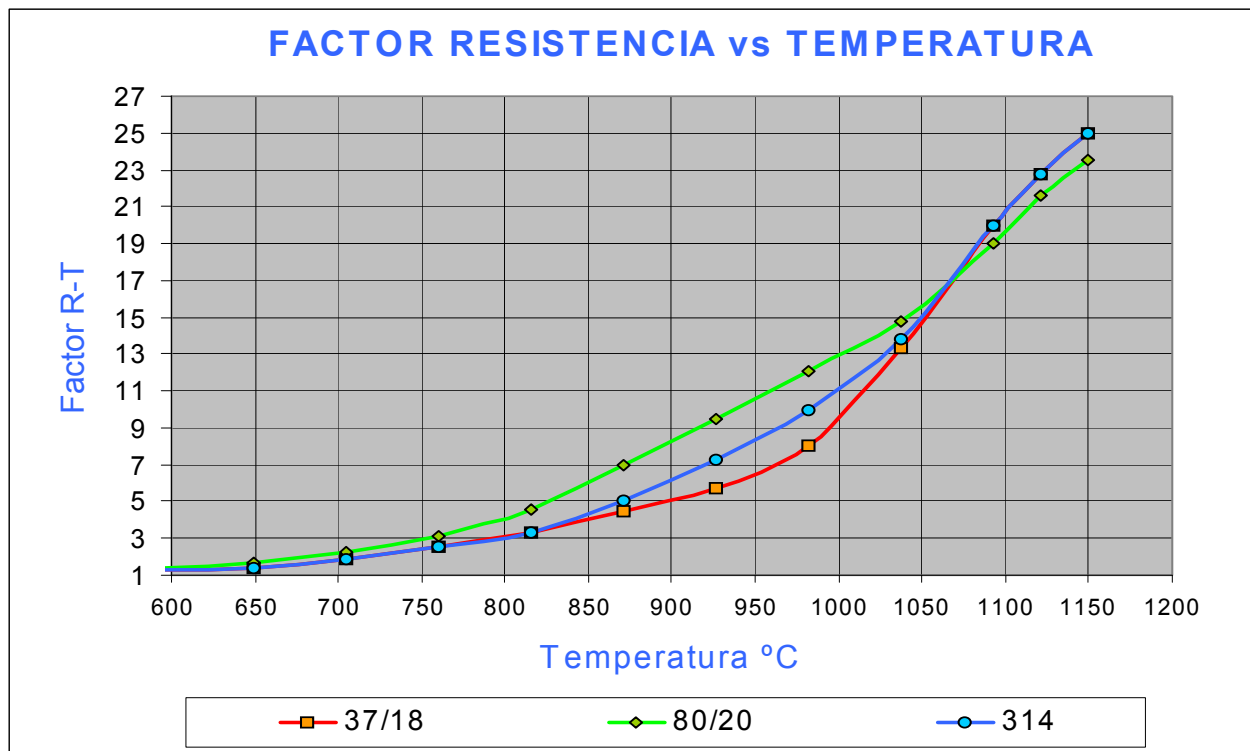
Con un contenido de 37% de níquel y un 18% de cromo y el resto de componentes en proporciones similares al AISI 314, en la mayoría de aplicaciones este material es más resistente a la oxidación cíclica y a la carburación y se deteriora menos en el rango de temperaturas de precipitación de carburos.

ALEACIÓN 80-20

Debido al alto contenido en níquel esta aleación puede trabajar en condiciones de oxidación, carburación y nitruración que destruirían rápidamente a aleaciones de bajo contenido en níquel. Sin embargo debido al fenómeno de la oxidación preferencial o capa verde, no debe utilizarse en el rango de temperaturas de 870 a 1040 °C, especialmente en atmósferas reductoras.

La adición de Cúmbio (Cb), como medio estabilizante, mejora la resistencia a la capa verde y permite ser utilizada en aplicaciones donde se presenten condiciones de corrosión en el rango de temperaturas de precipitación de carburos.

El siguiente gráfico muestra los factores R-T de estos materiales:





Recordando que:

$$T_{max} = \frac{T_{mi}}{FactorR-T}$$

Tmax = Tensión máxima de trabajo de la cinta a alta temperatura.

Tmi = Tensión máxima segura a temperatura ambiente dada por Campbelt.

Factor R-T = Obtenido del gráfico para cada material y temperatura de trabajo.

1.3. Puesta en servicio de una banda de alta temperatura.

Una vez instalada y empalmada la banda, (en las paginas 5 a 7 del catálogo general de Campbelt se describen los pasos para una correcta instalación), empieza el proceso de puesta en servicio de la instalación. De cómo se realice dependerá en gran medida la vida útil de la banda. Las siguientes recomendaciones pretenden optimizarla:

1. Calentar el horno a un ritmo máximo de 150 °C/hora hasta alcanzar una temperatura de entre 930 y 960 °C. Los cambios de temperatura provocaran cambios en el alineamiento de la banda, que quizás deban ser compensados mientras dura el calentamiento.
2. Estabilizar entre 930 y 960 °C, aplicando de esta forma un tratamiento de liberación de tensiones a la banda, como mínimo durante 5 horas, (típicamente dos ciclos). Durante esta fase también se producirá la oxidación inicial de la banda de forma uniforme.
3. Calentar hasta la temperatura normal de trabajo a un ritmo máximo de 300 °C/hora.
4. Operar la banda sin carga el máximo tiempo posible, hasta 100 horas. Si es posible, medir con pirómetro de infrarrojos a distancia, la temperatura en las zonas de calentamiento y enfriamiento, con el objetivo de asegurarse de que es uniforme en todo el ancho de la banda. Un calentamiento no uniforme transversalmente a la banda, implicaría el alabeo de las varillas de unión, lo que a la larga comporta la rigidez de la banda y el fallo del material de las espiras por fatiga producida por cada paso por los cilindros.
5. Eliminar si es necesario la banda en exceso, e iniciar la carga de la misma, teniendo en cuenta que cambios en la carga pueden implicar variaciones del alineamiento que quizás deban corregirse

Comentarios:

Si bien el objetivo buscado con el tratamiento de estabilización de las tensiones del material a 950 °C, es limitar el crecimiento excesivo del tamaño de los granos, que implicaría fragilizar su estructura, lo que se pretende manteniendo la banda a la temperatura de operación sin carga, es decir con la menor tensión posible aplicada, es aumentar la resistencia del material a la fluencia primaria, que es cuando produce mayores valores de alargamiento de la banda. Y no olvidemos que hay una relación inversa entre el alargamiento y la vida útil de la banda.





1.4. Factores influyentes en la vida útil de las bandas para alta temperatura

En primera instancia debería ser la combinación de alargamiento excesivo y desgaste ocasionado por el rozamiento de la banda con las partes fijas del horno, quien marcarse el tiempo de operación de la banda, sin embargo los siguientes factores pueden influir negativamente en dicho tiempo de operación.

1. Ruptura de espiras y/o varillas por fatiga mecánica.

Las varillas transversales que unen las espiras de la banda, actúan como bisagras y confieren a la banda, la propiedad de ser semiflexible longitudinalmente, al mismo tiempo que rígida transversalmente. Cuando estas varillas sufren una deformación de alabeo, bien sea convexo, cóncavo en S o en doble S, se produce una rigidización de la banda, las varillas ya no actúan de bisagra y cuando llega a los cilindros de arrastre o retorno es virtualmente deformada para adaptarse al cilindro, para volver a enderezarse en la zona de calentamiento debido a la tensión, el peso de la carga y la propia temperatura. Este proceso de deformación continuada a cada ciclo, acaba provocando la rotura de las espiras y/o varillas por fatiga.

Factores que pueden provocar el alabeo excesivo de las varillas son:

- a. El propio rozamiento de la cara inferior de la banda con las partes fijas del horno, especialmente en la zona de alta temperatura, (debido al incremento de los coeficientes de rozamiento con la temperatura) provoca inevitablemente la tenencia al alabeo.
- b. Cargar la banda durante el período de puesta en servicio (el de máximo alargamiento de la banda), no solo contribuiría al incremento de este alargamiento, sino también a que este no fuese uniforme provocando deformaciones.
- c. Distribuciones transversales de temperatura no uniformes.
- d. Distribuciones de carga no uniformes.
- e. Tensión motriz no uniforme, por problemas en el sistema motriz.
- f. Corrientes o flujos en la cámara de temperatura.
- g. Acumulación de estearatos en el interior del horno, los cuales en contacto con la banda tienden a provocar su carburación.
- h. Combinaciones de varios de los puntos anteriores.

2. Carburación de la banda.

El material de la banda absorbe carbono de la atmósfera del horno, o de algún contaminante como los estearatos acumulados en el horno, formando carburos que precipitan en los límites de los granos, aportando fragilidad a la estructura así como puntos de inicio para las fracturas del material.

En estos casos puede alargarse la vida útil de la banda o bien eligiendo una aleación distinta más resistente a la carburación o bien modificando, si es posible, la atmósfera protectora haciéndola ligeramente oxidante. (La capa de óxido disminuirá la posibilidad de difusión del carbono dentro del alambre).

En algunos casos un fenómeno parecido puede darse por la absorción de nitrógeno.

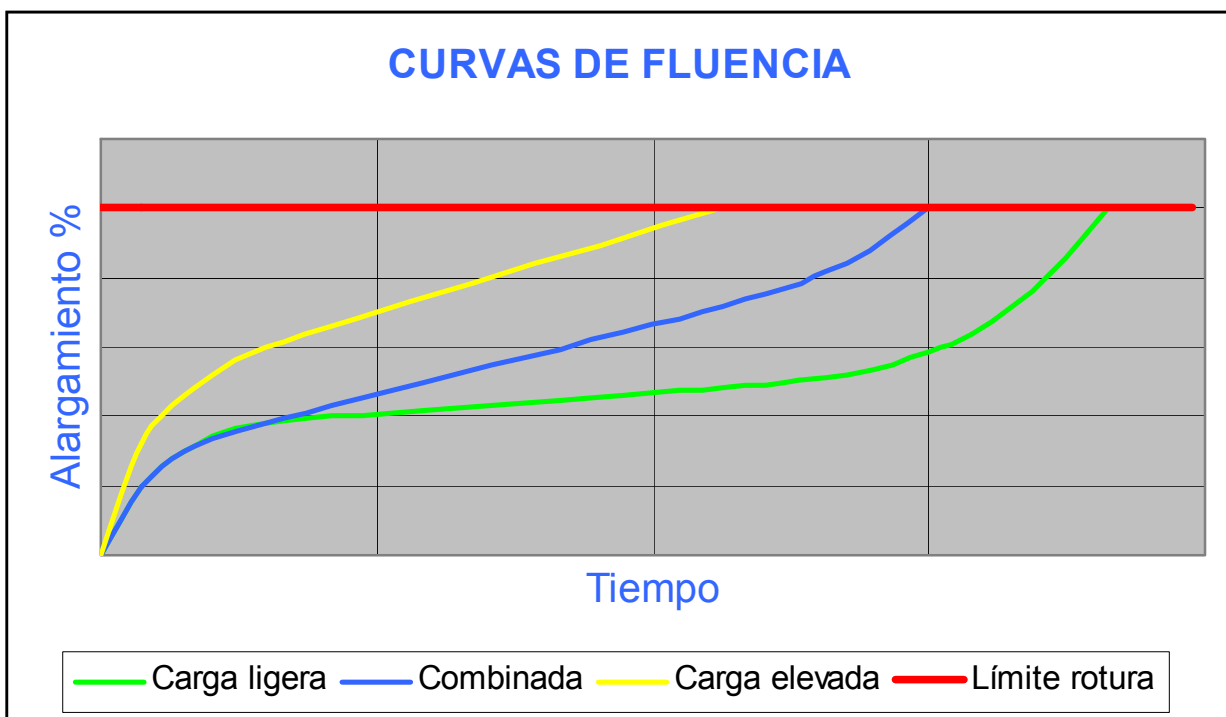
3. Absorción de contaminantes del proceso o la atmósfera protectora.

Por ejemplo en aplicaciones de sinterización o soldadura de cobre existe la posibilidad que polvos con contenido en cobre entren en contacto con la banda, penetrando la microestructura de la aleación y causando fallos rápidos en el material.



La preoxidación de la banda también ayudara a aislar la aleación del contaminante, pero en aquellos casos en que sea el motivo del fallo de la banda, deberá cambiarse la aleación por una con mayor contenido de níquel.

4. Fluencia.



En el gráfico se muestra en verde la curva de fluencia para una carga moderada y constante. Se aprecian los tres períodos de la fluencia. En la primera fase o de fluencia primaria, el alargamiento es importante en origen, pero su velocidad decrece rápidamente, pasando a una zona de fluencia secundaria donde el alargamiento es más débil y la velocidad constante. Finalmente en el período de fluencia terciaria el alargamiento crece rápidamente hasta la rotura.

La zona de fluencia primaria representa cerca de 300 horas, mientras que la zona secundaria puede representar varios miles de horas y la terciaria menos de 500 horas.

El alargamiento dependerá de la carga. La curva verde representa la vida de la banda en operación continuada sin carga, la curva amarilla muestra la disminución del tiempo de operación con una puesta en servicio con carga desde el inicio. Finalmente la curva azul muestra la operación combinada, (descrita en el método de puesta en servicio de bandas para alta temperatura del apartado 1.3.), consistente en operar la banda el máximo tiempo posible, hasta 100 horas, a la temperatura de operación pero sin carga.