

Diagrama de fases Sn-Pb

Objetivo

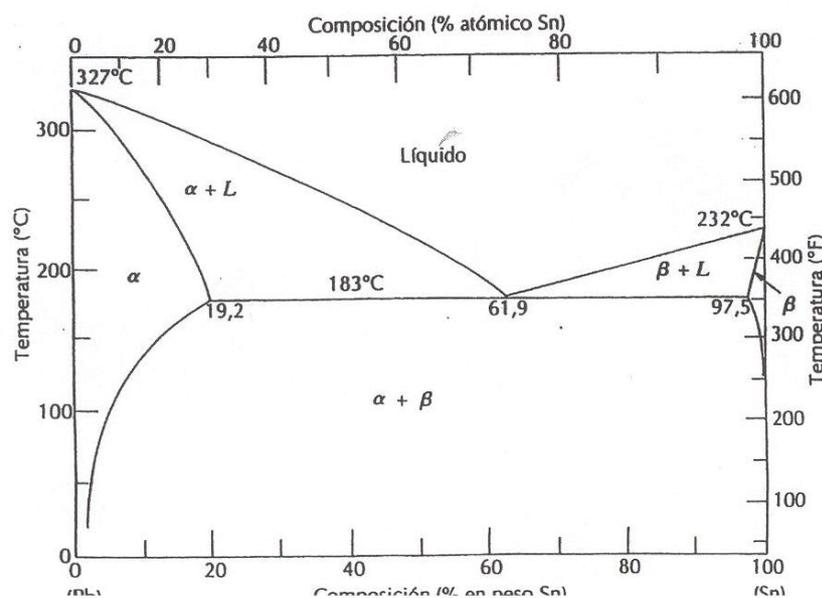
Determinación del diagrama de fases *Temperatura vs. Composición*, a presión atmosférica, de la aleación Estaño - Plomo.

Fundamento teórico

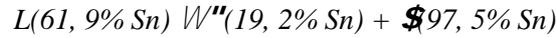
Casi todos los metales y aleaciones, en cierto momento de su procesado se encuentran en estado líquido, el cual se solidifica cuando se enfría a una temperatura inferior a la de solidificación. El material obtenido puede ser utilizado tal como solidifica o procesarse para su uso posterior mediante trabajo mecánico. Las estructuras obtenidas durante el proceso de solidificación afectan al comportamiento mecánico del material obtenido e influyen en el tipo de procesado al que debe ser sometido para lograr las propiedades finales. En este sentido resulta interesante conocer el diagrama de fases del metal o aleación. Un diagrama de fases muestra las fases y sus composiciones para cualquier combinación de temperatura y composición de la aleación. Cuando en la aleación están presentes sólo dos componentes se puede construir un diagrama de fases binario.

El diagrama de fases que vamos a estudiar en esta práctica es el correspondiente a la aleación Sn-Pb. Esta aleación presenta un diagrama de fases relativamente simple conocido como diagrama de fases eutéctico binario.

El diagrama de fases *Pb-Sn* obtenido de la bibliografía se muestra a continuación:



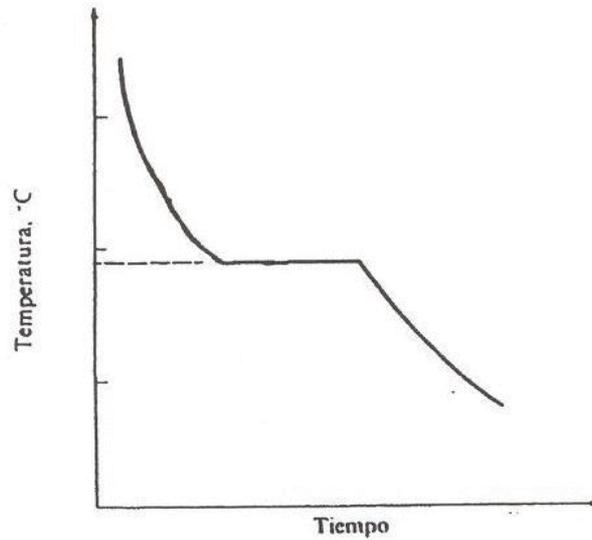
podemos observar la aparición de dos fases sólidas terminales, " y \$ La fase " es una disolución sólida de Sn en Pb y en fase \$ el estaño es el disolvente y el plomo el soluto. En el diagrama parece también un punto invariante localizado a $T = 183\text{ }^{\circ}\text{C}$ y composición 61,9% en peso de Sn, en el que tiene lugar la transformación:



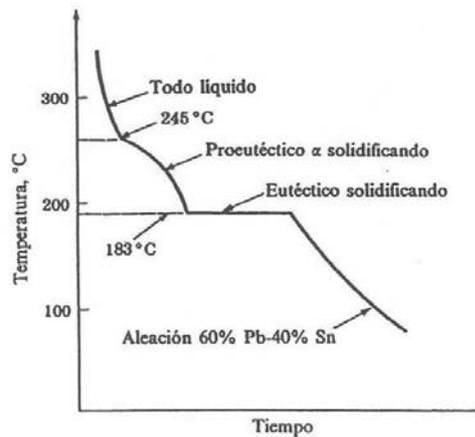
Para elaborar dicho diagrama recurrimos a la obtención de curvas de enfriamiento para diferentes composiciones en peso de la aleación Pb-Sn.

Las curvas de enfriamiento obtenidas deben ser interpretadas de acuerdo a las siguientes reglas:

a) En el caso de que se trate de uno de los metales puros (Sn o Pb), o bien del eutéctico, la curva de enfriamiento obtenida tendrá el siguiente hábito:



b) En el caso de una composición intermedia, por ejemplo la correspondiente a un 60% en plomo obtendremos la siguiente curva:



Las aclaraciones realizadas sobre ella ayudan a su interpretación.

En el caso de elegir una composición como la correspondiente al 10% en plomo, la curva obtenida sería idéntica a la anterior pero desaparecería el tramo horizontal correspondiente a la temperatura eutéctica.

Experimental

•Material

Soporte con tres nueces y pinzas; cápsula de acero; termómetro para registrar la temperatura ambiente; termopar; milivoltímetro o polímetro; cronómetro.

Aleaciones *Sn-Pb*: 0% Sn, 25% Sn; 40% Sn; 61'9 Sn, 80% Sn y 100% Sn; (todos los porcentajes en peso).

•Termopar

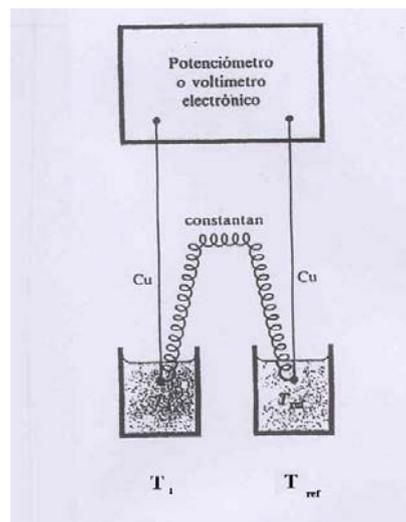
A cada grupo de trabajo se le asignará una composición en peso de la aleación *Sn-Pb*. La realización de la curva de enfriamiento de dicha aleación se efectuará determinando la medida de la temperatura mediante un termopar.

En general cuando dos fases se encuentran en contacto hemos considerado que ambas fases son eléctricamente neutras, lo cual implica que no existe diferencia de potencial entre ellas. Sin embargo, cuando un sistema contiene especies cargadas, y al menos una de ellas no puede penetrar en todas las fases del sistema, alguna de las fases puede cargarse eléctricamente. Por ejemplo, un pedazo de *Zn* sumergido en una disolución acuosa de $ZnSO_4$ mantenido a T y P constantes. Tanto la disolución como la barra de *Zn* contienen iones Zn^{2+} que pueden intercambiarse entre las fases. El metal contiene electrones pero éstos no pueden pasar a la disolución. Al llegar al equilibrio los iones Zn^{2+} que han abandonado la barra de *Zn* son más que las que ha suministrado la disolución a la barra, por lo que el resultado neto es que la barra de *Zn* queda cargada negativamente, generándose una diferencia de potencial entre la barra de *Zn* y la disolución.

Otro ejemplo de una diferencia de potencial generada en una interfase es un pedazo de *Cu* en contacto con un pedazo de *Zn*. La difusión en sólidos es extremadamente lenta, por lo que la difusión de iones Cu^{2+} y Zn^{2+} entre las fases no será significativo. Sin embargo los electrones pueden moverse libremente de un metal a otro, y de hecho lo hacen generando una carga negativa neta en el *Cu* y una carga positiva neta en el *Zn*.

Un termopar se basa justamente en el ejemplo anterior. La diferencia de potencial entre el *Cu* y el *constantan* (una aleación de *Cu* y *Ni*) depende de la temperatura. Por tanto, si de acuerdo al esquema, T_1 es diferente de T_{ref} habrá una diferencia de potencial neta entre los dos cables de *Cu* cuyo valor depende de T_1 y permite determinar T_1 . Nosotros, por tanto, determinaremos los cambios de temperatura que experimenta la aleación *Sn-Pb* determinando las diferencias de potencial en un termopar mediante la lectura digital en un voltímetro.

•Procedimiento



Curva de enfriamiento. Para obtener la curva de enfriamiento realizaremos las siguientes operaciones:

- Se calentará la aleación hasta una diferencia de potencial equivalente a $350\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Se tomarán datos de *diferencia de potencial* frente a *tiempo* cada 15 segundos, apuntando dichos resultados en la tabla adjunta.
- El último dato se tomará en torno a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Se representará en un papel milimetrado la curva de enfriamiento obtenida *ddp* (mV) vs. *t* (segundos)
- Se interpretarán los resultados y se anotarán en una tabla común, para que, con los datos del conjunto de los alumnos, se pueda realizar la representación del diagrama de fases *Sn-Pb* completo.

Las composiciones elegidas se dan en la siguiente tabla:

GRUPO	1	2 y 3	4 y 5	6 y 7	8 y 9	10
%Sn (w/w)	0	25	40	61,9	80	100

Las temperaturas serán determinadas a través de las tablas de conversión de *ddp* (mV) a *T* ($^{\circ}\text{C}$).

Resultados y discusión

Con las temperaturas y los tiempos medidos al realizar el enfriamiento de la correspondiente aleación *Sn-Pb* rellenar la siguiente tabla:

b) Con los datos de la tabla común, realizar la representación del diagrama de fases *Sn-Pb* completo, usando cuando sea necesario datos de la bibliografía. Identificar claramente las regiones correspondientes a cada fase.

Tabla de conversión ddp (mV) a T (°C)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.355	10.396	10.437	10.478	10.519
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.852
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
380	15.552	15.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.395	16.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776