

Conformado de Barras de Ag-In-Cd para Proyecto Carem-25

Presentación: 2/11/2023

Nombre y Apellido

Matias Jorge Todarelli / Alderete Cristian Nicolas / (Comisión Nacional de Energía Atómica)
alderete@cnea.gov.ar

Resumen

El presente trabajo de Tesis propone la resolución de los problemas relacionados con una solicitud interna de CNEA- División Aleaciones Especiales (CNEA-CAC) - a saber, la fabricación de las pastillas absorbentes de aleación Ag₁₅In₅Cd a ser utilizadas en el sistema de control de reactividad del reactor CAREM-25. Haciendo foco en el estudio de recristalización

Para lograr entregar un producto con un tamaño de grano regular, libre de tensiones propias del estado bruto de colada y, conseguir una homogenización de la composición química, se plantea el estudio de recristalizado, el cual, tiene dos vertientes:

1-Determinación de la energía de activación por medio del estudio con el calorímetro. Aquí se plantea el ensayo de probetas con diferentes grados de deformación, las cuales, serán recocidas con ciclos isotérmicos y se espera encontrar la temperatura a la cual la reacción endotérmica de recristalizado se hace más acentuada, de esta forma, se tendrán determinadas las temperaturas de recristalizado para cada grado de deformación y la energía de activación del proceso.

2-Medición de durezas para diferentes grados de deformación. Se practicarán deformación por medio de esfuerzos de compresión y luego serán medidas las durezas para relacionar la variación de la acritud con la deformación.

Se expondrán los valores de dureza de las probetas en los estados: recristalizadas a temperaturas entre 400 y 660°C, recristalizadas a 630°C, deformadas.

Palabras clave: barras, Ag-In-Cd, proyecto carem-25.

Abstract

This Thesis work proposes the resolution of the problems related to an internal request from CNEA - Special Alloys Division (CNEA-CAC) - namely, the manufacture of Ag₁₅In₅Cd alloy absorbent tablets to be used in the reactivity control system of the CAREM-25 reactor. Focusing on the study of recrystallization

In order to deliver a product with a regular grain size, free of stresses inherent to the raw casting state, and to achieve homogenization of the chemical composition, the study of recrystallization is proposed, which has two aspects:

1-Determination of the activation energy through the study with the calorimeter. Here the test of specimens with different degrees of deformation is proposed, which will be annealed with isothermal cycles and it is expected to find the temperature at which the endothermic recrystallization reaction becomes more pronounced, in this way, the temperatures of recrystallized for each degree of deformation and the activation energy of the process.

2-Measurement of hardness for different degrees of deformation. Deformation will be carried out through compression efforts and then the hardness will be measured to relate the variation of hardness with the deformation.

The hardness values of the specimens will be presented in the states: recrystallized at temperatures between 400 and 660°C, recrystallized at 630°C, deformed.

Keywords: bars, Ag-In-Cd, carem-25 projet

Desarrollo

Para lograr entregar un producto con un tamaño de grano regular, libre de tensiones propias del estado bruto de colada y, conseguir una homogenización de la composición química, se plantea el estudio de recristalizado, el cual, tiene dos vertientes:

Determinación de la energía de activación por medio del estudio con el calorímetro. Aquí se plantea el ensayo de probetas con diferentes grados de deformación, las cuales, serán recocidas con ciclos isotérmicos y se espera encontrar la temperatura a la cual la reacción endotérmica de recristalizado se hace más acentuada, de esta forma, se tendrán determinadas las temperaturas de recristalizado para cada grado de deformación y la energía de activación del proceso.

Medición de durezas para diferentes grados de deformación. Se practicarán deformación por medio de esfuerzos de compresión y luego serán medidas las durezas para relacionar la variación de la acritud con la deformación.

Ensayos de deformación por compresión y medición dureza

A continuación, Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 se expondrán los valores de dureza de las probetas en los estados: recristalizadas a temperaturas entre 400 y 660°C, recristalizadas a 630°C, deformadas.

Probeta	Tº de Recristalizado [°C]	Tiempo de Recristalizado [minutos]	Pto medicion	Carga [Kg]	Diámetro de la bolilla [mm]	Ind Durometro	Conversion según Tabla a Brinell	Dureza Brinell Promedio de las Conversiones	Area Impronta [micrometro cuadrado]	Area Impronta [milimetro cuadrado]	Diámetro impronta [mm]	Dureza Brinell	Dureza Brinell Promedio de las Mediciones
1	400	5	1	31,2	2,5	74	38	39	628.545	0,6	0,895	48,00	48
	400	5	2	31,2	2,5	76	42		593.265	0,6	0,869	50,95	
	400	5	3	31,2	2,5	74	38		658.674	0,7	0,916	45,72	
2	400	10	1	31,2	2,5	70	33,5	36	752.940	0,8	0,979	39,78	44
	400	10	2	31,2	2,5	73	36,5		622.258	0,6	0,890	48,50	
	400	10	3	31,2	2,5	73	36,5		672.415	0,7	0,925	44,75	
3	400	20	1	31,2	2,5	70	33,5	35	775.044	0,8	0,993	38,60	42
	400	20	2	31,2	2,5	72	35,5		683.021	0,7	0,933	44,03	
	400	20	3	31,2	2,5	72	35,5		689.600	0,7	0,937	43,59	
4	400	40	1	31,2	2,5	72	35,5	35	735.606	0,7	0,968	40,76	41
	400	40	2	31,2	2,5	72	35,5		714.294	0,7	0,954	42,03	
	400	40	3	31,2	2,5	71	34,5		746.063	0,7	0,975	40,17	
5	400	80	1	31,2	2,5	70	33,5	33	800.829	0,8	1,010	37,30	37
	400	80	2	31,2	2,5	69	32,5		823.578	0,8	1,024	36,22	
	400	80	3	31,2	2,5	70	33,5		807.953	0,8	1,014	36,96	
6	300	416	1	31,2	2,5	73	36,5	36	683.021	0,7	0,933	44,03	43
	300	416	2	31,2	2,5	72	35,5		714.294	0,7	0,954	42,03	
	300	416	3	31,2	2,5	73	36,5		710.019	0,7	0,951	42,29	
7	300	296	1	31,2	2,5	75	40	38	642.529	0,6	0,904	46,91	45
	300	296	2	31,2	2,5	74	38		689.600	0,7	0,937	43,59	
	300	296	3	31,2	2,5	73	36,5		668.933	0,7	0,923	44,99	
8	300	176	1	31,2	2,5	74	38	40	662.453	0,7	0,918	45,45	45
	300	176	2	31,2	2,5	76	42		652.243	0,7	0,911	46,19	
	300	176	3	31,2	2,5	75	40		672.415	0,7	0,925	44,75	
9	300	40	1	31,2	2,5	74	38	37	648.910	0,6	0,909	46,44	45
	300	40	2	31,2	2,5	72	35,5		648.910	0,6	0,909	46,44	
	300	40	3	31,2	2,5	74	38		714.294	0,7	0,954	42,03	
10	300	20	1	31,2	2,5	75	40	42	658.674	0,7	0,916	45,72	48
	300	20	2	31,2	2,5	77	44		599.398	0,6	0,874	50,41	
	300	20	3	31,2	2,5	76	42		622.258	0,6	0,890	48,50	
A23	500	5	1	31,2	2,5	67	30,5	35	672.415	0,7	0,925	44,75	49
	500	5	2	31,2	2,5	75	40		570.751	0,6	0,852	53,03	
	500	5	3	31,2	2,5	71	34,5		628.540	0,6	0,895	48,00	
B23	500	10	1	31,2	2,5	79	50	47	515.391	0,5	0,810	58,90	56
	500	10	2	31,2	2,5	80	53,5		497.797	0,5	0,796	61,04	
	500	10	3	31,2	2,5	74	38		622.258	0,6	0,890	48,50	
D23	500	20	1	31,2	2,5	74	38	42	536.913	0,5	0,827	56,47	56
	500	20	2	31,2	2,5	79	50		497.797	0,5	0,796	61,04	
	500	20	3	31,2	2,5	73	36,5		583.749	0,6	0,862	51,81	
C23	650	5760	1	31,2	2,5	74	38	39	703.341	0,7	0,946	42,71	42
	650	5760	2	31,2	2,5	73	36,5		746.063	0,7	0,975	40,17	
	650	5760	3	31,2	2,5	76	42		678.944	0,7	0,930	44,31	
Patrón			1	31,2	2,5			72,3 +/-5	421.868	0,4	0,733	72,33	72,1
			2	31,2	2,5			72,3 +/-5	424.805	0,4	0,735	71,82	

Tabla 1. Resultados de durezas en probetas recristalizadas a diferentes temperaturas

Probeta	Tº de Recristalización [°C]	Tiempo de Recristalización [minutos]	Pto medicion	Carga [Kg]	Diámetro de la bolilla [mm]	Ind Durometro	Conversion según Tabla a Brinell	Dureza Brinell Promedio de las Conversiones	Area Impronta [micrometro cuadrado]	Area Impronta [milímetros cuadrado]	Diámetro impronta [mm]	Dureza Brinell	Dureza Brinell Promedio de las Mediciones
1	630	5760	1	31,25	2,5	59,5	24,75	25	1.099.900	1,1	1,183	26,72	27
	630	5760	2	31,25	2,5	61	25,5		1.139.300	1,1	1,204	25,73	
	630	5760	3	31,25	2,5	59	24,5		1.039.900	1,0	1,151	28,36	
2	630	5760	1	31,25	2,5	60	25	25	1.014.400	1,0	1,136	29,12	30
	630	5760	2	31,25	2,5	60	25		1.014.400	1,0	1,136	29,12	
	630	5760	3	31,25	2,5	60	25		916.700	0,9	1,080	32,42	
3	630	5760	1	31,25	2,5	63	26,5	25	997.800	1,0	1,127	29,64	30
	630	5760	2	31,25	2,5	60,5	25,25		1.065.200	1,1	1,165	27,65	
	630	5760	3	31,25	2,5	57	23,5		924.200	0,9	1,085	32,14	
4	630	5760	1	31,25	2,5	60	25	25	997.800	1,0	1,127	29,64	30
	630	5760	2	31,25	2,5	60	25		997.800	1,0	1,127	29,64	
	630	5760	3	31,25	2,5	61	25,5		997.800	1,0	1,127	29,64	
5	630	5760	1	31,25	2,5	60	25	25	1.091.600	1,1	1,179	26,94	29
	630	5760	2	31,25	2,5	59,5	24,75		960.400	1,0	1,106	30,86	
	630	5760	3	31,25	2,5	60	25		972.600	1,0	1,113	30,45	
6	630	5760	1	31,25	2,5	59	24,5	25	1.065.200	1,1	1,165	27,65	27
	630	5760	2	31,25	2,5	59	24,5		1.112.900	1,1	1,190	26,39	
	630	5760	3	31,25	2,5	59	24,5		1.112.900	1,1	1,190	26,39	
7	630	5760	1	31,25	2,5	61	25,5	25	1.002.100	1,0	1,130	29,50	31
	630	5760	2	31,25	2,5	58	24		892.700	0,9	1,066	33,33	
	630	5760	3	31,25	2,5	61	25,5		1.010.100	1,0	1,134	29,25	
8	630	5760	1	31,25	2,5	58	24	25	1.139.300	1,1	1,204	25,73	28
	630	5760	2	31,25	2,5	60	25		1.052.900	1,1	1,158	27,99	
	630	5760	3	31,25	2,5	61	25,5		948.400	0,9	1,099	31,27	
9	630	5760	1	31,25	2,5	59,5	24,75	25	1.039.900	1,0	1,151	28,36	30
	630	5760	2	31,25	2,5	60	25		948.400	0,9	1,099	31,27	
	630	5760	3	31,25	2,5	60	25		989.900	1,0	1,123	29,89	
10	630	5760	1	31,25	2,5	61,5	25,75	26	985.200	1,0	1,120	30,04	30
	630	5760	2	31,25	2,5	60	25		1.002.100	1,0	1,130	29,50	
	630	5760	3	31,25	2,5	62	26		1.002.100	1,0	1,130	29,50	
A23	630	5760	1	31,25	2,5	63	26,5	27	869.700	0,9	1,052	34,26	33
	630	5760	2	31,25	2,5	64	27,5		912.130	0,9	1,078	32,59	
	630	5760	3	31,25	2,5	62	26		892.710	0,9	1,066	33,33	
B23	630	5760	1	31,25	2,5	69	32,5	30	857.700	0,9	1,045	34,77	34
	630	5760	2	31,25	2,5	65	28,5		900.200	0,9	1,071	33,04	
	630	5760	3	31,25	2,5	65	28,5		900.200	0,9	1,071	33,04	
D23	630	5760	1	31,25	2,5	63	26,5	26	900.200	0,9	1,071	33,04	31
	630	5760	2	31,25	2,5	62	26		940.700	0,9	1,094	31,54	
	630	5760	3	31,25	2,5	62,5	26,25		1.010.100	1,0	1,134	29,25	

Tabla 2. Resultados de durezas en probetas recristalizadas a T°= 630°C y t= 96 hs

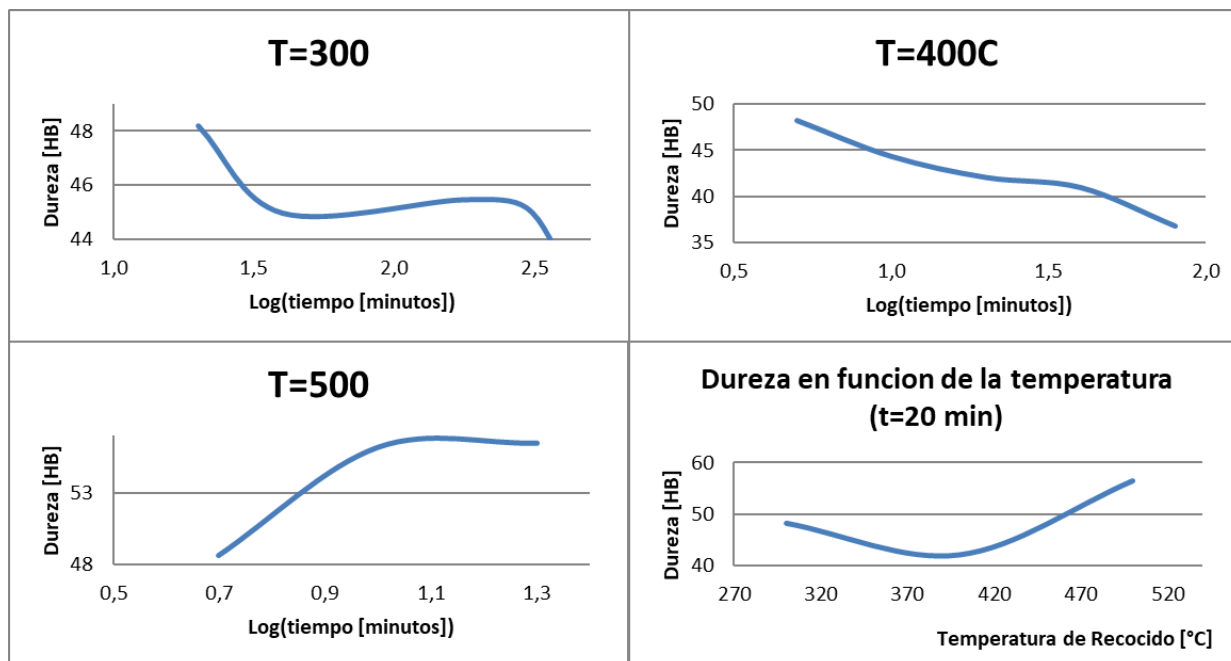


Figura 1. Curvas de durezas en función del tiempo de recocido para diferentes temperaturas. Y, curva de dureza en función de la temperatura, para un tiempo constante igual a 20 minutos.

Probeta	Deformación	Carga [kgf]	Dureza [HB]
5	0,09	2.290	67,15
4	0,10	2.400	68,70
A	0,163	4.990	76,32
D	0,164	5.630	77,37
E	0,19	7.360	77,37
9	0,28	11.550	104,74
6	0,32	11.900	109,74
1	0,39	13.910	130,23
3	0,41	13.980	128,00
2	0,42	13.750	126,25
8	0,55	37.000	139,98
7	0,57	38.580	142,61

Tabla 3. Valores de dureza en función de la deformación

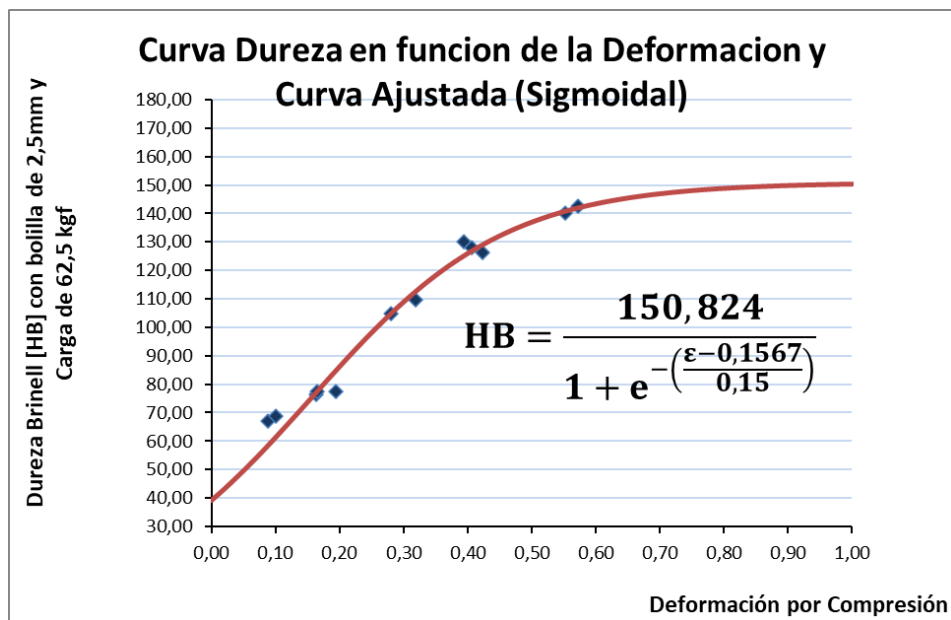


Figura 2. Curva de dureza en función de la deformación.

Para la determinación de la curva, se ajustaron los valores de acuerdo a la compliance (rigidez) del sistema utilizado para el ensayo.

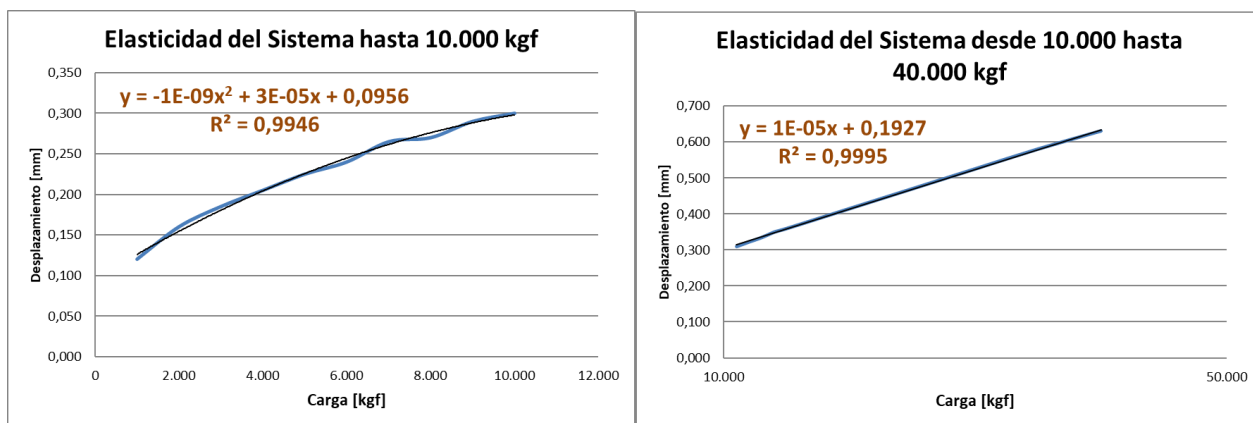


Figura 2. Elasticidad de las muestras medida como desplazamiento en función de la carga.

Conclusiones

A partir de la información otorgada por estos ensayos y la información recopilada en los distintos gráficos [1-2] [1], el próximo desafío es la elaboración de un lingote el cual tenga medidas adecuadas para poder realizar el siguiente paso en este trabajo el cual comprende el conformado mecánico (extrusión) (este se llevará a cargo en la PPFAE ubicada en CAE), a partir de este nos permitirá obtener las pastillas absorbentes para el reactor CAREM-25.

Referencias

- [1] Tesis de Maestría en Materiales “Diseño y fabricación de lingotes base plata, aleada con indio y cadmio” Ing. Matías Jorge Todarelli / Instituto de Tecnología Jorge Sábato / Universidad Nacional de San Martín Comisión Nacional de Energía Atómica
- [2] Principles of heat treatment, fifth edition, by M. A. Grossmann and E. C. Bain. ASM, Ohio
- [3] Physical Metallurgy, second edition 1962, by Bruce Chalmers, John Wiley and Sons Inc.
- [4] Physical Metallurgy Principles, third edition 1972, by Robert E. Reed-Hill, D. Van Nostrand Company Inc., Princeton, New Jersey.
- [5] Tratamiento Térmico de los Aceros, 4 edición, por José Apraiz Barreiro.