

CASO REAL - RX EN SOLDADURA DE ALUMINIO PARA EL CRUCERO LIVIANO MAGELLAN EXPLORER Y SELECCIÓN DE PROVEEDOR ARGÓN

Descripción breve

En este informe se recopila parte de la información y estudios no destructivos para seleccionar la secuencia de soldadura en aluminio de la superestructura de un crucero liviano actualmente en operación.

Por Emilio Daroch Salazar
edaroch@correo.ugr.cl

Índice

Introducción	2
Calificación de Procedimiento	4
Fabricación y Calidad de probetas.....	6
1.1 Ensayo de Tintas Penetrantes	7
1.2 Inspección Macrográfica.....	8
Radiografías.....	9
Conclusiones	11
ANEXO I	12

Introducción

M/V Magellan Explorer es un nuevo y moderno barco de expedición construido a medida con las normas del último código polar, en los astilleros Asenav de la ciudad austral de Valdivia, Chile. Con capacidad para 100 pasajeros en 38 cabinas, aunque en los viajes de aéreo-cruceros el máximo es de 73 personas. Cuenta aproximadamente con 60 tripulantes, el “Magellan Explorer” presenta altos estándares tecnológicos, que lo posicionan como una de las obras de ingeniería más importantes de su tipo en Latinoamérica e incluso mundial. Para una navegación cómoda, el barco cuenta con estabilizadores para la maniobrabilidad, presenta hélices de proa y popa. Por seguridad hay un radar de detección de hielo. Para reducir la huella ambiental, el buque está equipado con un sistema de recuperación de energía que recicla el calor producido por los motores para calentar el barco y su suministro de agua. La obra naval ha llamado la atención de revistas internacionales en el ámbito naviero dado su alto estándar de diseño, fabricación y medioambiental.



Cantidad de pasajeros	100
Para cruceros aéreos	Máximo 73
Personal y tripulación	60
Longitud	90.7 metros
Amplitud	16.2 metros
Calado	4.3 metros (14 ft.)
Propulsión	2 motores principales, total 3.440 kw
Clase de Hielo	LR Polar Class 6
Velocidad	14 nudos
Peso	4900 toneladas
Bandera	Bahamas

Este crucero en particular fue clasificado por la casa clasificadora Lloyd's Register por lo que el reglamento "*Rules for the Manufacture, Testing and Certification of Materials*" (RMTCM), define los parámetros de propiedades químicas y mecánicas de los materiales permitidos para su fabricación. Este reglamento también define los parámetros de aprobación de la soldadura.

En la industria naval, específicamente en estructuras con gran superestructura como son los cruceros, se suele utilizar aluminio de uso naval para desplazar el centro de gravedad de la embarcación con el fin de mejorar la estabilidad del buque. Sin embargo, la soldadura en aluminio siempre es un gran desafío ya que es muy susceptible a tener defectos por razones medioambientales como humedad y temperatura e incluso la calidad del gas utilizado para la soldadura. En el astillero se mantienen protocolos de soldadura cubriendo con una carpa los bloques de aluminio y calefaccionar a 23°C para comenzar la soldadura además de higrómetros que dan luz verde a la soldadura.

En este informe se muestran RX que se realizaron probando distintos argones de distintos proveedores donde el grado de pureza fue esencial para la selección del proveedor.

Calificación de Procedimiento

DISEÑO DE LA JUNTA	
Tipo	Bisel en V.
Apertura de Raíz	0 a 3 mm.
Talón	0 a 3 mm.
Angulo de ranura	30° a 50°
Respaldo	NO
Tipo de Respaldo	
Espesor de Plancha	10 mm.

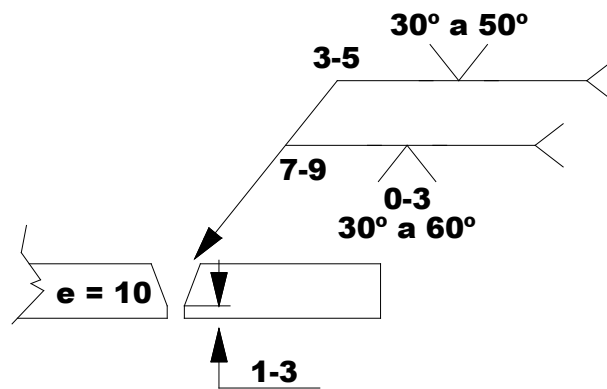
RANGO DE APROBACIÓN	
Proceso Soldadura	GMAW (MIG / MAG)
Tipo de Unión.	A tope
Posición de soldadura	3G
Pase Simple o Multipase	Multipase
Progresión Proceso	3G ascendente
Gas de Protección	Argon 100%
Polaridad	CC +

MATERIAL BASE	
Especificación M.B.	Aluminio 5083 H321M
Tipo o Grado	Grado M
Rango Espesor PL	4 mm. a 20 mm.

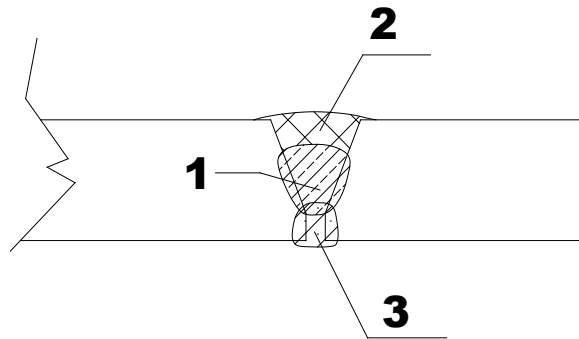
MATERIAL DE APORTE	
Clasificación	AWS 5.10
Especificación	AWS ER5183
Nombre	Superglaze 5183
Fabricante	Lincoln Electric
Diámetro	1.2 mm.

OBSERVACIONES	
Deshumificación	Aplicar 30 ° a 60°
Flujo de gas	15 a 30 Lt / min.
Medidas Probeta	300 x 350 x 8 mm.
Medidas	Mt. – mm. – °C

PREPARACIÓN DE LA JUNTA



SECUENCIA DE SOLDADURA



ESPECIFICACIONES

Pase	WFS m/min	Amp	Volt.	Process	Polaridad		
1	8.60	140	20.5-21.5	MIG	(+)		
2	8.25	140	21.5-23.0	MIG	(+)		
3	8.25	138	22.04-24.0	MIG	(+)		

Observaciones:

- Utilizar Abrasivos Inoxidables o Multipropósito.
- Limpieza mecánica al cordón de raíz entre 3 a 5 mm.
- Utilizar Pletina de respaldo para Alinear caras de la Probeta.
- Temperatura interpase max 60°
- Certificación del aluminio, ver ANEXO I

Fabricación y Calidad de probetas.

Se fabricaron 4 probetas de aluminio con gas de aporte de Argón de 2 proveedores locales INDURA y LINDE.

Indura ofrece 3 grados de pureza de Argón y Linde solo 1

Para la probeta 1 se soldó con el gas de aporte de INDURA de ULTRA PUREZA con un 99.999% de Ar grado 5.0.

La probeta 2 se soldó con el gas de aporte de INDURA de EXTRA PURO con un 99.998% de Ar, grado 4.8.

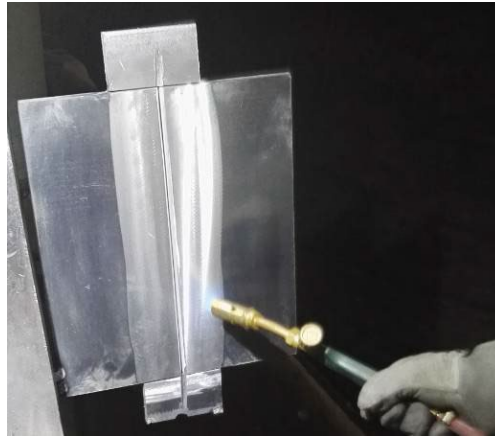
La probeta 3 se soldó con el gas de aporte de LINDE de APORTE INDUSTRIAL con un 99.997% de Ar.

La probeta 4 se soldó con el gas de aporte de INDURA de APORTE INDUSTRIAL con un 99.997% de Ar grado 4.7.

Se debe aclarar que ambos proveedores indican que sus gases son para uso en los siguientes materiales:

- Aceros al níquel (9% Ni)
- Aceros inoxidable
- Cobre
- Latón
- Bronce al silicio

Para la fabricación de las probetas se utiliza el RMTCM que se define en su capítulo 12.



1.1 Ensayo de Tintas Penetrantes

Con el objetivo de revelar posibles grietas superficiales, se procedió a realizar ensayo de tintas penetrantes. La inspección superficial, se realizó mediante la técnica de tintas penetrantes, lavables con solventes, según norma (ASTM - 165, 2018), método C, tipo 2.

Para su ejecución, se procedió a realizar una limpieza con escobilla de acero, hasta conseguir visualmente una superficie libre de óxidos, posteriormente se aplicó el solvente, marca SHERWIN DR-60, luego se limpió el sector de inspección con un paño seco, dando 5 minutos para la evaporación del solvente residual entre los posibles defectos. Luego se aplicó el penetrante, marca SHERWIN DP-40, el cual se dejó actuar por 10 minutos. El exceso de penetrante es retirado una

vez cumplido el tiempo de penetración con un paño humedecido con solvente. Finalmente se roció la muestra con revelador, marca SHERWIN D-100, el que se deja actuar por 10 minutos antes de la evaluación final.

La tabla B.1 muestra los resultados del ensayo de tintas penetrantes y sus observaciones.

Tabla B.1 Resultados del ensayo realizado.

Identificación de la estructura	Observaciones
<i>PS55 (Aluminio)</i>	El material analizado no presenta grietas superficiales en ninguna de las caras analizadas.



1.2 Inspección Macrográfica.

Para realizar la realización del ensayo se procedió a realizar un corte de la muestra en un sector especificado de la muestra soldada, a la cual se le realizó un desbaste con lija desde la número 120 hasta la número 400. Posteriormente se ha procedido a sobre atacar químicamente, la superficie de la muestra, con Ácido Nítrico (HNO_3), durante 1 minuto.

En la figura C.1 se observa una imagen fotográfica de la macrografía de la muestra.



Figura C.1 Imagen fotográfica de la macrografía realizada a la muestra.

En la Tabla C.1 se aprecian los resultados de la muestra analizada, observaciones y condición de la muestra.

Tabla C.1 Resultados ensayo de macrográfico.

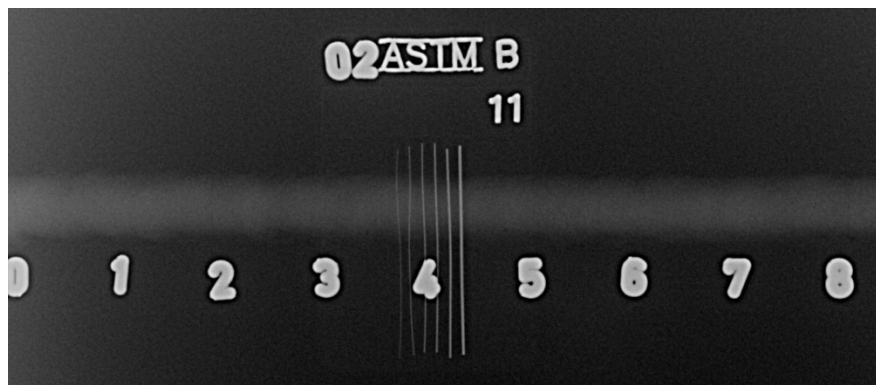
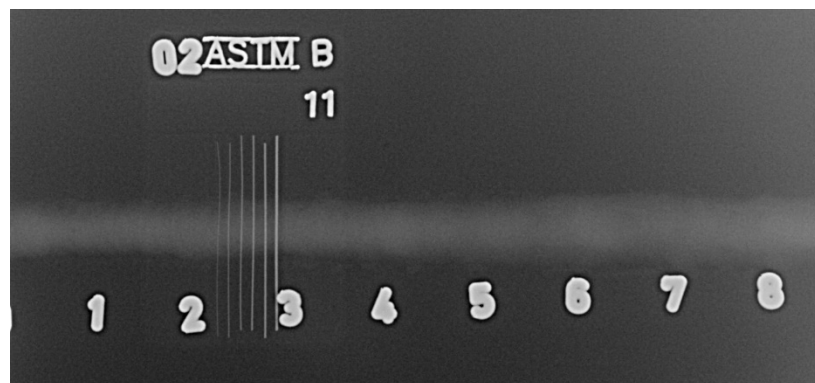
Identificación	Observaciones	Condición
10293-MG01	No se aprecian discontinuidades entre los distintos pasos de la soldadura. No se aprecia discontinuidades entre material de aporte y metal base.	Cumple

Radiografías.

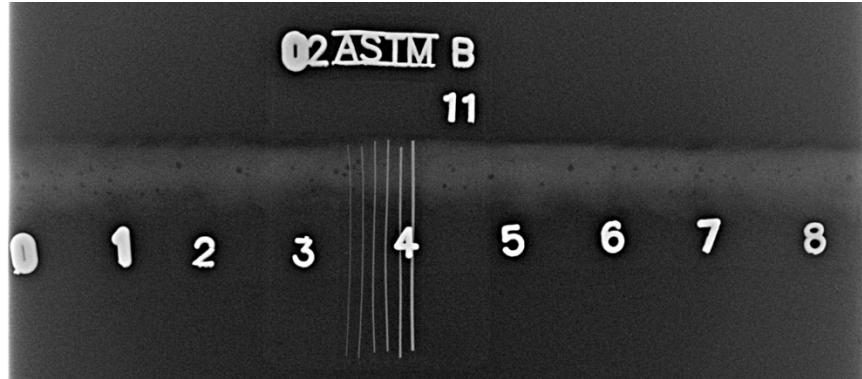
A las 4 probetas se tomaron radiografías con las siguientes características en base a la norma ASME V, Artículo 2 para ensayos no destructivos.

ANTECEDENTES TÉCNICOS / TECHNICAL BACKGROUND					
Tecnología de fabricación: Fabrication Technology:	Welding	Tratamiento Térmico: Heat Treatment:	No X	Antes / Before	Después / After
Material: Material:	ALUMINIO	Proceso soldadura: Welding Process:	MIG	Diámetro: Diameter:	N/A
Norma aplicada: Standart applied:	ASME V, Artículo 2	Norma de evaluación: Standart evaluation:	AWS D1.1	Espesor: Thickness:	10 mm
Fuente de Radiación: Source of Radiation:	RX - Pulse	Tipo de placa: Film type:	Flat Panel	Distancia foco película: Focus Film distance:	180 mm
Actividad de la fuente: Source activity:	275 Kev	IQI Requerido: IQI Required:	7 (0,32mm)	Densidad promedio: Mean density:	N/A

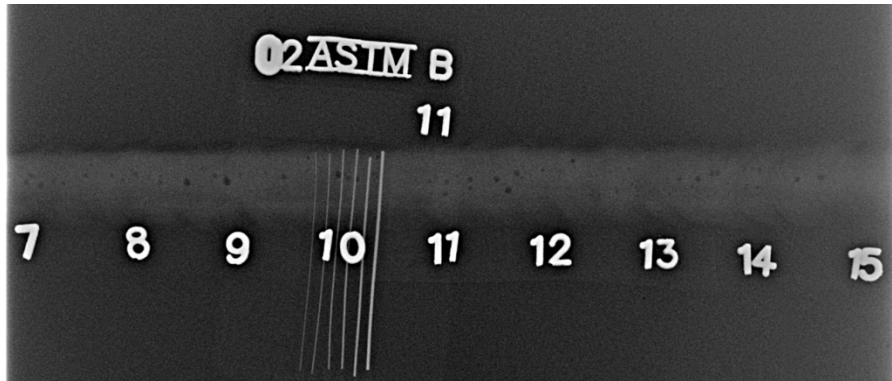
CODIGO DE DISCONTINUIDADES / DISCONTINUITES CODE																			
Exceso Penetracion			EP		Defecto Empalme			DE		Inclusion Tungsteno			IT		Socavacion			S	
Penetración Incompleta			PI		Indicación Lineal			IL		Porosidad			P		Concavidad Interna			CI	
Penetración Incompleta Desal.			PID		Indicaciones Redondeada			IR		Porosidad Agrupada			PA		Grieta			G	
Fusión Incompleta			FI		Inclusión Escoria			IE		Porosidades Alineadas			PAL		Socavación Exterior			SE	
Fusión Incompleta Interna			FII		Inclusión Escoria alineadas			EP		Porosidades Dispersas			PD		Socavación Interior			SI	
Excess Penetration			EP		Splicing Defect			SD		Tungsten Inclusion			TI		Undercut			UN	
Lack Penetration			LP		Linear Indication			LI		Porosity			P		Root Concavity			RC	
Penetración Incompleta Desal.			LI		Rounded Indication			RI		Cluster			CL		Crack			C	
Lack Fusion			LF		Slag Inclusions			SI		Linear Porosity			LP		Undercut ofside			UO	
Lack Fusion Internal			LFIS		Slag Inclusion Aligned			SIA		Porosity Multilayer			PM		Undercut inside			UI	
RESULTADOS DEL ENSAYO / TEST RESULT																			
Identificación de la Soldadura / Identification welding										Discontinuidades Discontinuites					Aceptabilidad Acceptability		Observaciones Remarks		
Ítem	Identificación Identification		Est.	U	Cob.	Espesor	Φ"	R1	α	δ	δ	δ	δ	δ	SI	NO			
1	PS55 MAMH AEP			1	0" - 13"	10 mm									X				
2	PS55 MAMH			2	0" - 13"	10 mm									X				
3	P3 AR LINDE			3	0" - 13"	10 mm				CL						X			
4	P4 AR INDURA			4	0" - 13"	10 mm				CL						X			

Probeta 1Probeta 2

Probeta 3



Probeta 4



Como se puede ver los gases de aporte no tienen problema de clusternig en la soldadura de aluminio, siendo aprobados para su uso por la clase.

Conclusiones

De las radiografías se puede concluir que la unión de planchas de aluminio de 10mm con la secuencia de soldadura 2-1-3, ambiente controlado y una preparación de juntas como indicado más arriba, se requiere de un gas de aporte de alta pureza para no tener problemas de clustering en la soldadura y ser aprobadas de acuerdo al RMTCM de Lloyd's Register.

Bibliografía

ASTM. (2018). E 165 *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry*.

Lloyd's Register. (2017). *Rules for the Manufacture, Testing and Certification of Materials*. LRS.

ANEXO I