



LINCOLN ELECTRIC

AVANCES EN TECNOLOGÍA GMAW PARA ACEROS RECUBIERTOS DE ZINC

Autores:

Taylor Dittrich: Ingeniero de productos de Alambre, Lincoln Electric

Kevin Fleming: Gerente Regional, Tecnología Avanzada y Soluciones, Lincoln Electric

Tim Hurley: Director, Global Segmento de Transportación, Lincoln Electric



Recubrimientos de Zinc (galvanizado) son utilizados comúnmente para incrementar la resistencia a la corrosión de piezas terminadas, pero puede llevar a los fabricantes de piezas a retos únicos para realizar soldaduras de alta calidad con defectos mínimos. El Zinc actúa como contaminante en el proceso de GMAW y muy fácilmente puede causar defectos que perjudican la calidad de la soldadura. Debido a la inconsistencia inherente al proceso de recubrimiento de zinc, estos defectos son particularmente difíciles de predecir y por lo tanto minimizar. Porosidad interna y externa son defectos comunes cuando se sueldan aceros recubiertos de zinc, esto debido a que los vapores de zinc típicamente quedan atrapados durante la solidificación del metal soldado. Estudios previos han encontrado una ligera correlación entre el desempeño en porosidad del cordón y la clasificación del alambre (ER70S-3 vs ER70S-6). La selección de la forma de onda, la cual controla el arco de soldadura y como éste reacciona a inconsistencias del material base, puede también afectar el desempeño de la porosidad interna y externa; pero el tipo de forma de onda no ha probado una reducción significativa relacionada a la porosidad.

Como resultado del proceso de GMAW, que típicamente usa mezclas de gas argón y bióxido de carbono, se pueden formar materiales en la superficie del cordón de soldadura esto a causa de la reacción de los desoxidantes de la soldadura y el bióxido de carbono del gas de protección. Estos silicatos no conductivos pueden impactar negativamente la adhesión de la pintura, la cual es típicamente electrostática. Con materiales base libres de zinc, estos silicatos pueden ser removidos con una limpieza química. Sin embargo, este proceso no puede ser utilizado en materiales recubiertos de zinc por que el baño químico deterioraría el recubrimiento de zinc. Por lo tanto, se debe considerar un método de aplicación o de limpieza alternativo.

Recientes avances en la tecnología de GMAW usando un alambre nuevo, Super Arc XLS, para reducir y cambiar la formación de islas de silicio mientras también mejora el desempeño en porosidad sobre los materiales recubiertos de zinc. Se desarrolló un estudio de ingeniería para investigar las diferencias en desempeño entre un alambre ER70S-3 y el Super Arc XLS cuando se suelda en una selección de aceros recubiertos de zinc que comúnmente utiliza la industria automotriz. Este estudio compara islas de silicio superficial y su desempeño sujeto a rayos X cualitativamente y cuantitativamente con mediciones realizadas por experimentados profesionales de la industria y también por un nuevo equipo y algoritmo que fue desarrollado para análisis de imágenes.

Con una medición promedio de % de porosidad Interna menor al 1%, Super Arc XLS se desempeñó extremadamente bien en comparación contra la porosidad interna de un alambre ER70S-3 (mayor a un 5%). La mayoría de la porosidad aparente en las soldaduras Super Arc XLS se localizaron al inicio y final del cordón soldado, donde las velocidades de solidificación son mayores y atrapan el zinc evaporado con mayor facilidad. A pesar de que Super Arc XLS crea algunos óxidos superficiales, la cantidad de óxido superficial fue menor y cambió la apariencia, comparado con el silicato en la superficie que se forma en las soldaduras realizadas con alambres ER70S-3. Este cambio en la formación superficial de óxidos incrementa y facilita la adhesión de la pintura a lo largo del cordón de soldadura y por lo tanto mejora la resistencia a la corrosión de la pieza terminada. Por lo que el Super Arc XLS es un componente clave para la solución completa cuando se sueldan materiales recubiertos de zinc.

1 Introducción y descripción general

1.1 Características soldando materiales recubiertos

1.1.1 El Zinc es un contaminante

Con el afán de reducir el peso de los vehículos, materiales delgados y de alta resistencia son utilizados en muchos componentes del chasis y paneles de la estructura. Para mejorar la resistencia a la corrosión de estos materiales delgados, los diseñadores de producto e ingenieros en materiales frecuentemente especifican materiales recubiertos de zinc para estos componentes.

Los aceros recubiertos siempre han sido un tema crítico con procesos y consumibles convencionales a causa de la temperatura de evaporación del zinc (906°C). El zinc evaporado es atrapado durante la solidificación, generando porosidad interna y externa. Además, los vapores de zinc causan turbulencias en el arco generando una salpicadura anormal que afecta la direccionalidad del arco y por consecuencia la formación del cordón. Estos defectos internos y visuales reducen significativamente las propiedades mecánicas de las juntas soldadas y pueden ocasionar una falla prematura al componente.

Los aceros recubiertos de zinc se distinguen uno de otro por 3 principales métodos para ser recubiertos: 1) Inmersión en caliente (hot dip galvanized), 2) electro galvanizado y 3) Galvanizado/Recocido (galvannealed). Cada método de recubrimiento produce diferentes espesores y consistencia del recubrimiento de zinc.

Dicho eso, la variación del espesor de la capa de zinc es inherente al proceso de recubrimiento. Un ejemplo de la variación en el recubrimiento de zinc se ilustra en la figura 1, la cual muestra un corte de sección de un cupón de acero recubierto por hot dip galvanized, el espesor de zinc está indicado con color púrpura. Esta variación inherente al proceso es la causa primaria de resultados inconsistentes en soldadura y es complicado predecir resultados cuando se sueldan materiales recubiertos de zinc.

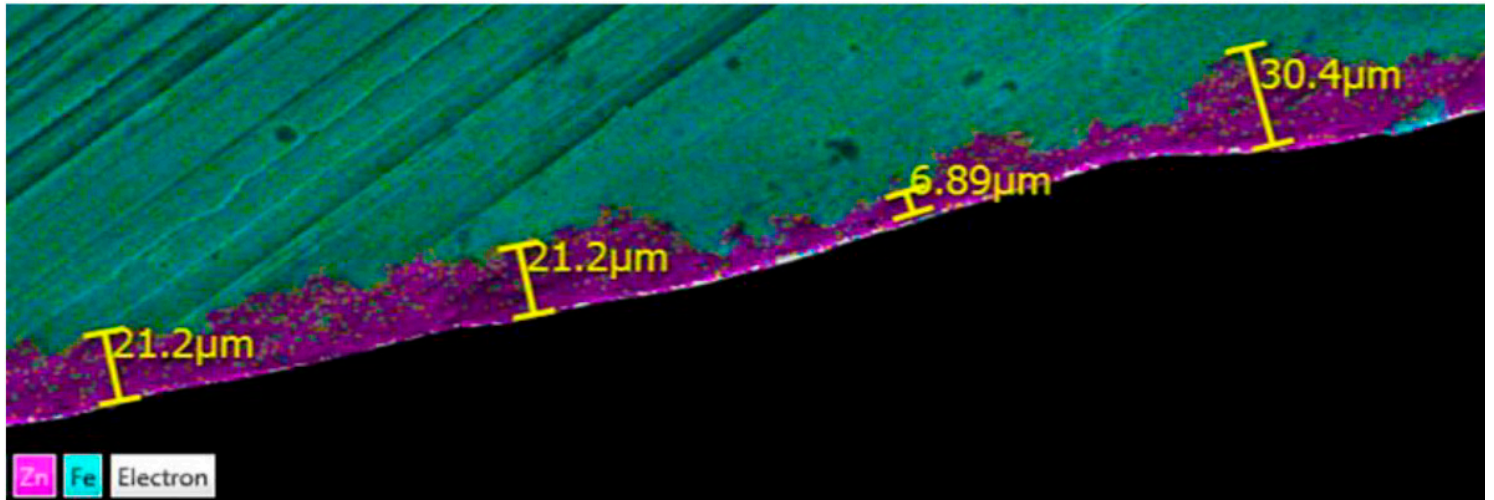


Figura 1: Mapa EDS del perfil de la sección transversal del galvanizado hot-dip. La capa de zinc en púrpura

1.1.2 Porosidad

Un cierto nivel de porosidad, tanto interna como externa, es esperado cuando se sueldan aceros galvanizados. La mayoría de los OEM's (original equipment manufacturers) tienen niveles permisibles de porosidad y especificaciones de diámetros de poros máximos para materiales recubiertos de zinc debido a que soldaduras libres de discontinuidades son virtualmente imposibles.

Estudios han demostrado que niveles menores al 5% en porosidad interna mejoraran los resultados de la soldadura en relación a la porosidad externa. Mantener un nivel de porosidad interna menor al 1-3% genera resultados predecibles y es típicamente aceptado por la mayoría de los OEM's. A medida que los niveles de porosidad interna superan el 5%, la probabilidad de que posteriormente aparezcan poros externos aumenta. A niveles de porosidad interna superiores al 10% la presencia de poros externos se convierte en una certeza. Imágenes de superficies y radiografías de cupones galvanizados soldados con porcentaje de porosidad menor al 1% y superior al 5% se muestran en las Figuras 2 y 3, respectivamente.

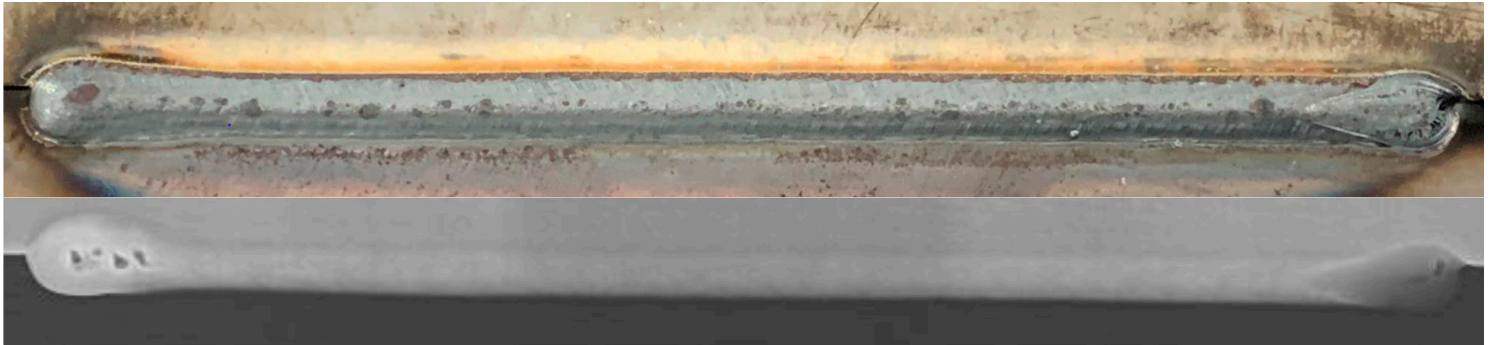


Figura 2: Imagen de superficie y radiografía digital de soldaduras que demuestran una porosidad interna del 1% o menos. Alambre ER70S-3 soldado en MPH 660GI 60G/60G.

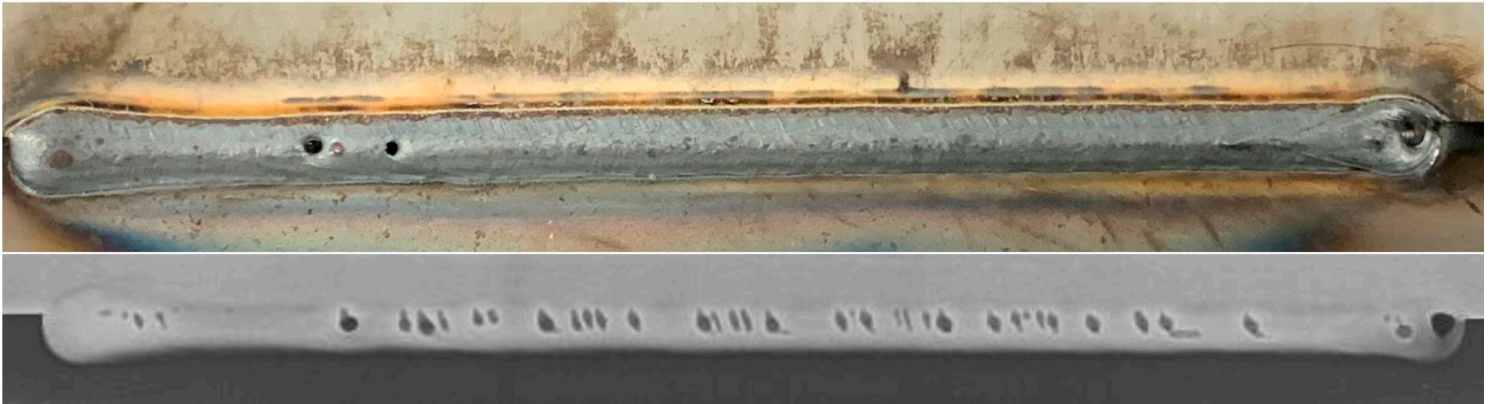


Figura 3: Imagen de la superficie y radiografía digital de las soldaduras que demuestran un 5% o más de porosidad interna. Alambre ER70S-3 soldado en MPH 660GI 60G/60G.

La porosidad se presenta frecuentemente en el inicio y final de la soldadura, ya que la rápida tasa de solidificación en esas áreas hace que el vapor de zinc quede atrapado debajo del metal de soldadura. Ejemplos de este tipo de soldaduras se muestran en la figura 4. La porosidad también ocurre con mayor frecuencia cuando soldamos sobre puntos de soldadura o alrededor de alguna discontinuidad de la costura de soldadura, incluye cambios en el ángulo de la antorcha a lo largo de la costura de la soldadura. Cualquier cambio en el proceso o inconsistencia que afecte la transferencia de la gota o la relación de solidificación de la soldadura incrementa la probabilidad de atrapar vapores de zinc y resultara en porosidad interna/externa.

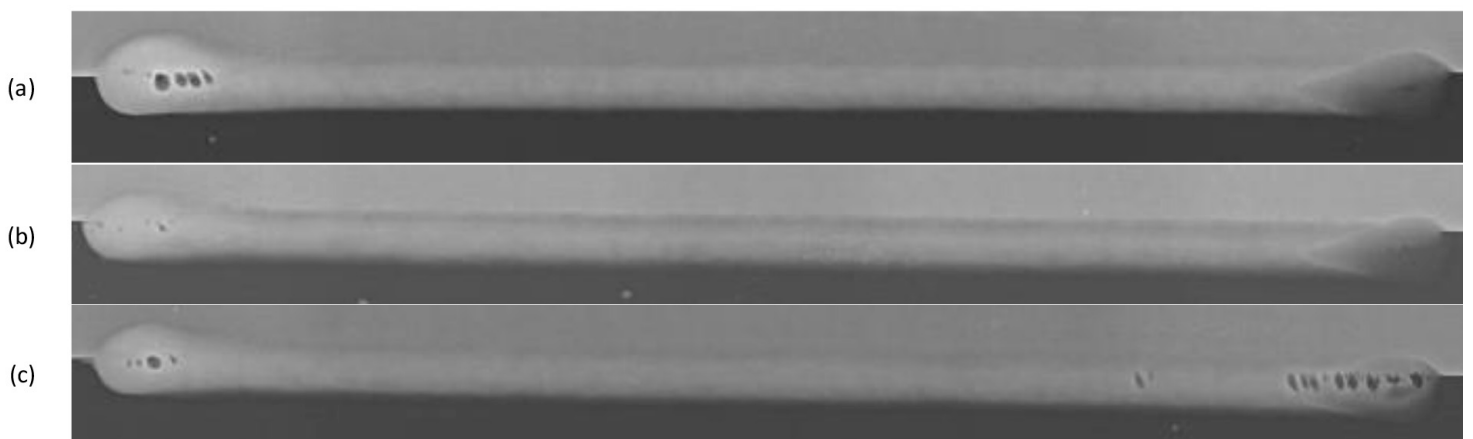


Figura 4: Imágenes de rayos X de soldaduras realizadas en (a) MPH 660 GI 60G/60G (b) FNH GI 60G/60G (c) LAH 340 60G/60G.

1.1.3 Límites en velocidad de desplazamiento

El tipo de recubrimiento y espesor impactan significativamente las velocidades de desplazamiento que podemos alcanzar. Recubrimientos gruesos generan mas vapores de zinc durante el proceso de soldadura, por lo tanto, aceros con recubrimientos gruesos típicamente requieren velocidades mas lentas de desplazamiento para mantener mas fluido el charco y permitir que los vapores del zinc puedan salir. En contraste, recubrimientos de zinc ligeros y consistentes, generan menos vapores de zinc y por lo tanto permiten soldar con mayor velocidad sin un incremento significativo en porosidad. Sin embargo, típicamente incrementar la velocidad de desplazamiento generalmente incrementa la porosidad, independientemente del tipo o espesor del recubrimiento, esto debido a que el vapor del zinc tiene menor tiempo para escapar del charco de soldadura. La Figura 5 demuestra que incrementando la velocidad de desplazamiento incrementa la incidencia de porosidad interna.

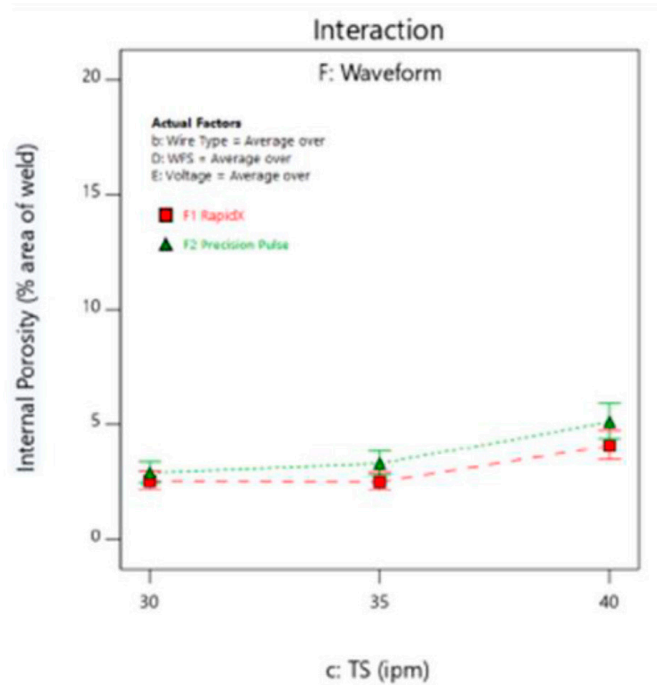


Figura 5: Impacto de la velocidad de avance en la porosidad interna con alambre ER70S-3 usando las formas de onda Rapid X y Precision Pulse.

1.1.4 Silicatos superficiales

Silicatos superficiales, también llamadas islas de silicio, son óxidos que se forman por la reacción de elementos desoxidantes del material base y del material de aporte con el oxígeno en el gas de soldadura [1]. Esas islas de silicio son principalmente constituidas por una mezcla de silicio, manganeso y algunos otros óxidos. Los silicatos superficiales se generan tanto en materiales recubiertos de zinc como en aceros sin recubrir como una reacción de la desoxidación sin importar la presencia del recubrimiento del zinc.

Los silicatos superficiales son no conductores por naturaleza y por lo tanto interfieren con el proceso de pintura, que es típicamente realizado en la industria automotriz, electrostáticamente. De la misma manera la pintura no se adherirá a la superficie del silicato o el silicato caerá de la zona soldada tiempo después, resultando en una remoción de la pintura. Ambos escenarios pueden provocar corrosión prematura y la corrosión sucederá a lo largo de la soldadura.

1.2 Soluciones con alambres sólidos

A través de varios años de desarrollo de soluciones, Lincoln Electric ha determinado que la combinación del expertis en el proceso, una selección adecuada de electrodo y una correcta selección de forma de onda son necesarios para optimizar el desempeño de la soldadura por arco en materiales recubiertos de zinc. Uno solo de los factores no mejora significativamente el desempeño cuando se usa en soluciones industriales convencionales.

1.2.1 Selección de Alambre tradicional

A través de varios estudios de prueba internos con alambres solidos convencionales, Lincoln Electric ha encontrado muy ligeras diferencias en desempeño entre alambres clasificaciones AWS ER70S-3 y ER70S-6. La figura 6 muestra datos de dicho estudio, donde todos los parámetros de soldadura fueron constantes entre los distintos tipos de alambre.

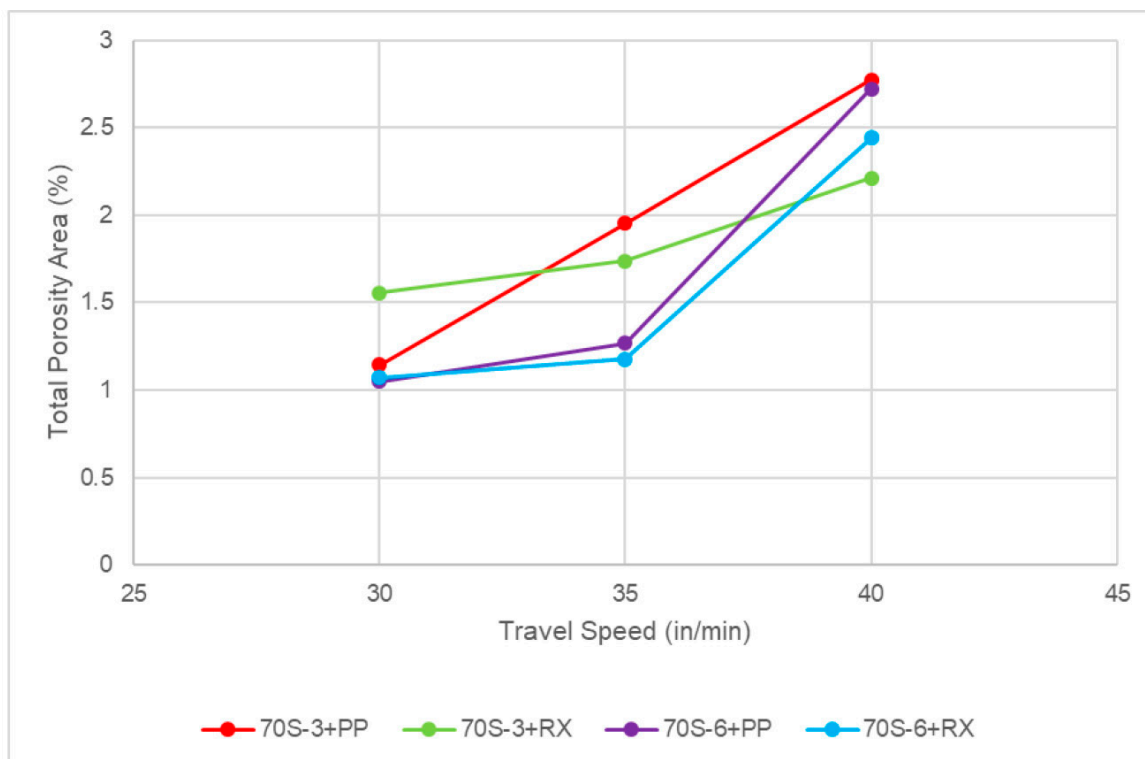


Figura 6: Gráfica que indica el rendimiento de la porosidad de varios alambres estándar a diferentes velocidades de viaje y con diferentes formas de onda.

1.2.2 Selección de forma de onda tradicional

1.2.2.1 Precision Pulse [pulso estándar]

Precision Pulse es una forma de onda con frecuencia modificada que proporciona un arco muy estable y consistente transferencia de gota comparado con otro modo de pulso tradicional. En soldaduras de materiales base recubiertas de zinc hay una correlación inversa entre estabilidad de la forma de onda y porosidad interna, donde una solidificación del charco más consistente (a causa de formas de onda estables) genera una reducción de la porosidad interna.

1.2.2.2 Rapid X [forma de onda avanzada]

Rapid X ofrece otro tipo de forma de onda modificada con una mejora en la estabilidad de arco y una operación de baja salpicadura comparada con Precision Pulse. Existen numerosos beneficios adicionales al utilizar el módulo STT y Rapid X los cuales incluye: (1) Bajo nivel de salpicadura por la capacidad de la forma de onda para despejar los cortos circuitos de arco con una expulsión de salpicadura reducida. (2) Operación mejorada a un voltaje de arco más bajo, lo que permite una mejor operación en materiales más delgados.

1.3 Avances en la tecnología GMAW para aceros recubiertos de zinc

Se desarrolló un alambre GMAW novedoso, SuperArc® XLS, para ayudar a la adhesión de la pintura al reducir la presencia de silicatos superficiales en el cordón de soldadura. Esto se logra mediante el uso de una mezcla única de elementos desoxidantes y modificadores de la tensión superficial junto con niveles extremadamente bajos de silicio para minimizar y cambiar la formación de óxido superficial. Además, la química única de SuperArc® XLS ha demostrado beneficios distintivos para minimizar la porosidad en aceros recubiertos de zinc, lo que permite soldar a velocidades de desplazamiento más rápidas con mejores resultados de porosidad. Cuando se combina con una forma de onda especializada, la solución de proceso SuperArc® XLS proporciona soldaduras con poca salpicadura y pocos defectos superficiales a velocidades de desplazamiento altas, al mismo tiempo que mantiene niveles bajos de porosidad. Como se muestra en la Figura 7, SuperArc® XLS tiene un rendimiento de porosidad interna superior en comparación con los electrodos GMAW convencionales, tales como ER70S-3 y ER70S-6.

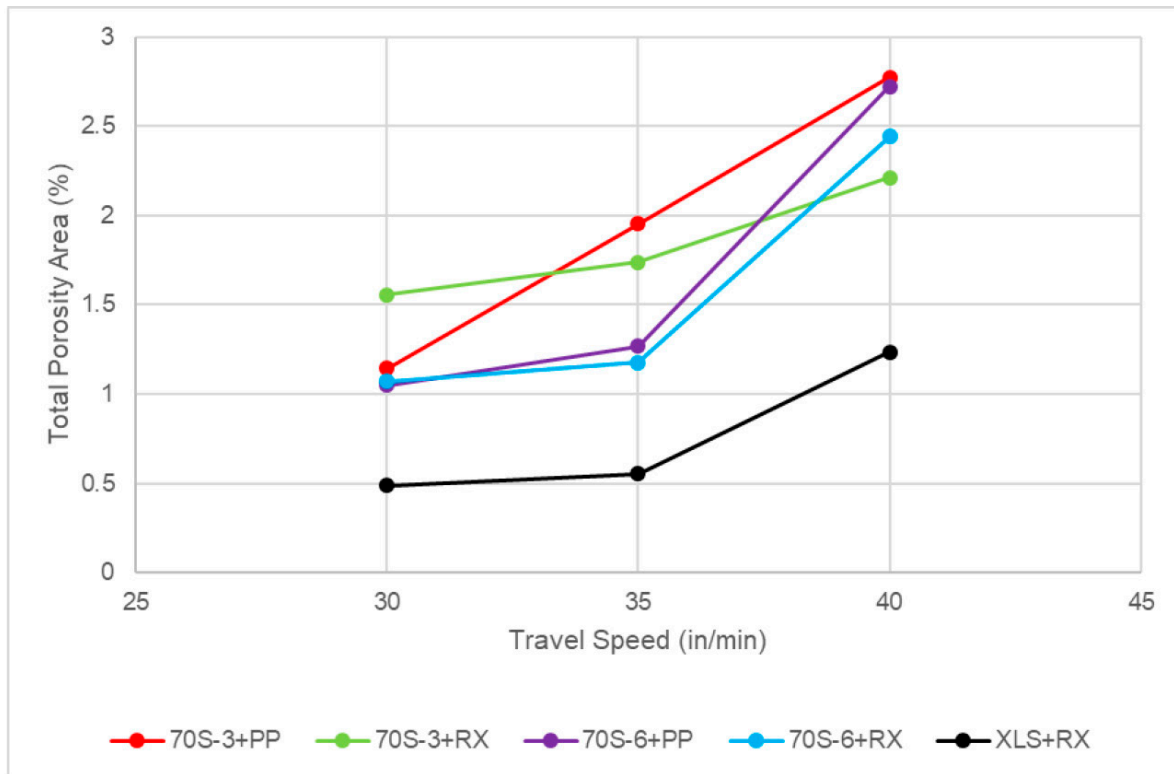


Figura 7: Rendimiento de SuperArc® XLS en comparación con los alambres estándar ER70S-3 y ER70S-6 a varias velocidades de desplazamiento y con varias formas de onda.

Como se indicó, las soldaduras realizadas con SuperArc® XLS han reducido y cambiado la formación de óxido superficial en comparación con las soldaduras realizadas con un alambre ER70S-6 (Figura 8). En la mayoría de las aplicaciones que usan alambres ER70S-3 o ER70S-6 y una mezcla de gas de protección de argón/bióxido de carbono, se forman silicatos superficiales a lo largo de los pies y la línea central de la soldadura (no se muestra en la Figura 8). La cantidad y ubicación de los silicatos superficiales formados depende en gran medida de una mezcla de la química del alambre, la química de la placa base y los ajustes de soldadura. Como tal, la combinación única de desoxidantes, modificadores de tensión superficial y bajo contenido de silicio en SuperArc® XLS permite minimizar los óxidos superficiales en una variedad de materiales base.

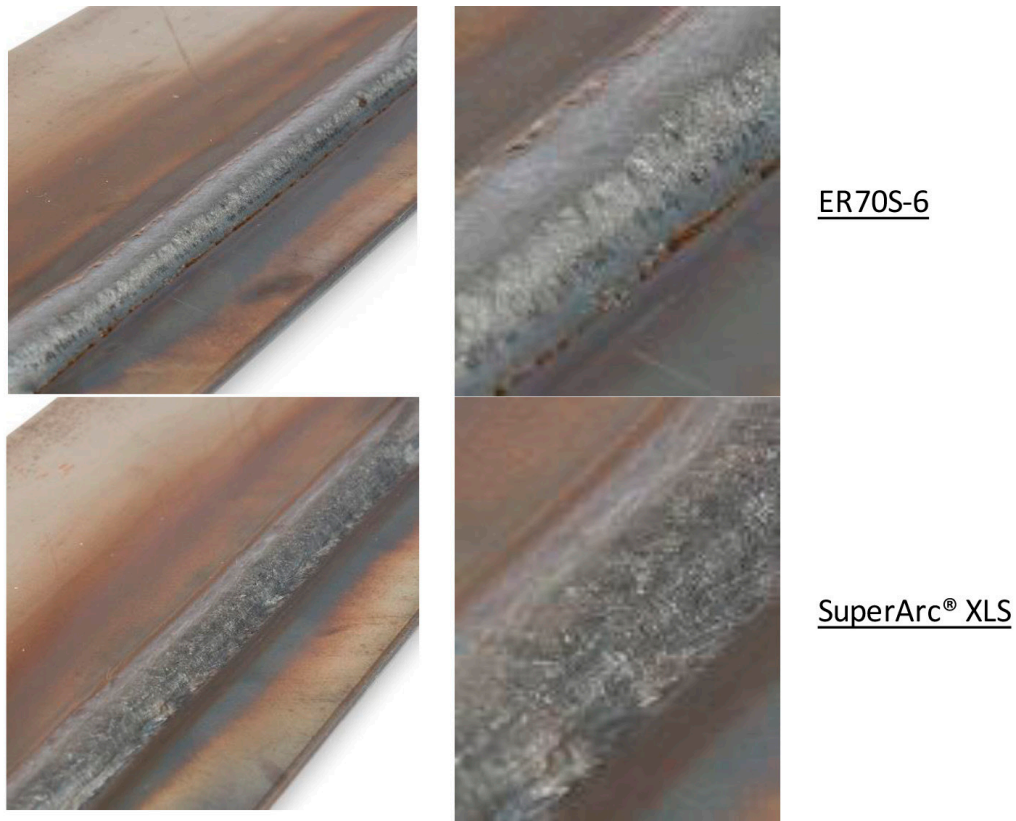


Figura 8: Comparación de silicato superficial y óxido superficial entre el alambre ER70S-6 estándar y el alambre SuperArc® XLS en material A656 sin recubrimiento.

Como se indicó anteriormente, los silicatos superficiales afectan directamente la adhesión de la pintura, específicamente en las aplicaciones de electro recubrimiento. Un volumen más bajo de silicato superficial ayudará a la adhesión de la pintura, lo que posteriormente mejora la resistencia a la corrosión. En la Figura 9 se muestran las soldaduras realizadas con SuperArc® XLS en comparación con las soldaduras realizadas con alambre ER70S-6 después del recubrimiento electrostático en material SPH440 sin recubrimiento. En las soldaduras realizadas con alambre ER70S-6, las áreas que presentan silicatos superficiales muestran una falta de cobertura de la pintura electrostática. En comparación, las soldaduras hechas con SuperArc® XLS tienen un mínimo de óxidos en la superficie de la soldadura y, por lo tanto, no hay interrupción ni inconsistencias en la pintura electrostática.



Figura 9: Comparación de SuperArc® XLS con un cable ER70S-6 estándar con soldaduras traslapadas en SPH440 sin recubrimiento

SuperArc® XLS está clasificado actualmente según la especificación ISO ISO 14341-A: 2010, G 42 3 M20 Z, y el certificado de conformidad se puede encontrar en el Apéndice como Figura A1.

2 Enfoque Técnico

Se desarrolló un estudio de ingeniería en conjunto con los OEM para investigar el desempeño mejorado del silicato de SuperArc® XLS en comparación con un Electrodo ER70S-3. Se eligió una variedad de metales base recubiertos de zinc para representar los componentes clave de un automóvil, como parachoques, travesaños, marcos y soportes. Los materiales utilizados en el estudio son los siguientes:

- 1) 2.5 mm MPH 660 GI 60G/60G
- 2) 2.5 mm LAH 340 GI 60G/60G
- 3) 2.5 mm FNH GI 60G/60G
- 4) 3.1 mm SHGA 440 50G/50G

La configuración de la unión soldada utilizada fue una unión traslapada, soldada en la posición 2F sin separación. El ángulo de trabajo y el ángulo de desplazamiento objetivo se establecieron para que coincidieran con las configuraciones de soldadura de chasis de automóviles, 55-60 grados desde la horizontal y 10-15 grados, respectivamente. A continuación, en la Figura 10, se puede ver un ejemplo de la configuración de la soldadura y la junta. La configuración de la soldadura y la antorcha se mantuvieron constantes durante todo el estudio de ingeniería.

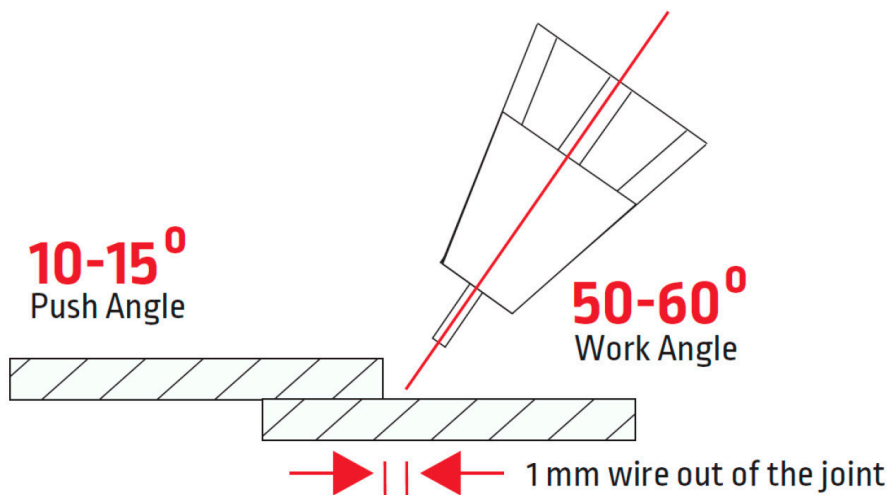


Figura 10: Accesorio de soldadura y configuración de juntas para todos los estudios de ingeniería de soldadura.

Toda la soldadura se realizó con un alambre cobrizado sólido de 0,045" con una forma de onda Rapid X para simular la práctica de fabricación estándar. La elección del electrodo varió entre SuperArc® XLS y un electrodo estándar ER70S-3. La velocidad de desplazamiento estándar de la industria para acero recubierto de zinc delgado es de 30 pulgadas por minuto (IPM) para mantener la calidad de la soldadura, pero la velocidad de desplazamiento ideal para la industria es de 40IPM cuando las condiciones lo permiten. Como tal, todas las soldaduras en este estudio usaron una velocidad de desplazamiento de 35IPM para diferenciar mejor la mejora del rendimiento de SuperArc® XLS, al mismo tiempo que permitía que el alambre ER70S-3 estándar mantuviera una calidad de soldadura aceptable. Los parámetros de soldadura exactos son los siguientes en la Tabla 1:

Tabla 1: Parámetros de soldadura para estudio de ingeniería con SuperArc® XLS y un hilo estándar ER70S0-3.

Steel	Welding Mode	Wire Size	Gas Type	Travel Speed	Wire Feed Speed	Trim setting	Arc Control "UltimArc"
MPH	Rapid X™ "274"	0.045	90/10	35	280	0.96	8
LAH	Rapid X™ "274"	0.045	90/10	35	280	0.96	8
FNH	Rapid X™ "274"	0.045	90/10	35	280	0.96	8
SHGA	Rapid X™ "274"	0.045	90/10	35	325	1.00	0

Se realizaron dos soldaduras de prueba para cada combinación de materiales (por ejemplo, MPH a MPH, MPH a LAH). Todas las soldaduras se soldaron en las mismas condiciones ambientales (humedad, configuración, operador, etc.) y se fotografiaron de inmediato para capturar el estado de la superficie. El área de óxido de la superficie se midió a través de un algoritmo de aprendizaje automático patentado por Lincoln Electric para el análisis de imágenes y se utilizó para calcular el % del área de óxido de la superficie como la relación entre el área cubierta por el óxido de la superficie y el área total de la cara de soldadura. Después de obtener imágenes de la superficie, las soldaduras se enviaron para un análisis de rayos X para determinar los niveles de porosidad interna. Las áreas de porosidad interna se examinaron, midieron y usaron para calcular el % de porosidad como la relación entre el área de porosidad interna y el área total de la cara de soldadura.

3 Resultados

En la Figura 11 se muestra un ejemplo de comparación de la calidad de la superficie de soldadura. En la Figura 2A del Apéndice se muestran imágenes del resto de las combinaciones de alambre/material de soldadura. Existe una clara diferencia entre SuperArc® XLS y el electrodo ER70S-3 en términos de rendimiento de silicato y porosidad externa. Se puede ver una mayor cantidad de silicato marrón/naranja vítreo a lo largo de la línea central y las pies o bordes de las soldaduras a traslape en los electrodos ER70S-3, mientras que las soldaduras SuperArc® XLS tienen un óxido de superficie más oscuro formado principalmente en la parte superior de la soldadura. Los alambres ER70S-3 tienen áreas de porosidad externa a lo largo de la cara de la soldadura y al inicio/final de la soldadura, mientras que las soldaduras SuperArc® XLS no tienen áreas de porosidad externa.

La calidad del recubrimiento para las imágenes de calidad de la superficie de soldadura antes mencionadas se muestra en la Figura 12 y demuestra las diferencias entre un alambre ER70S-3 estándar y SuperArc® XLS con respecto a los efectos del silicato superficial y el óxido superficial. El proceso de electro recubrimiento se interrumpió claramente en áreas con formación de silicato superficial en soldaduras realizadas con el alambre ER70S-3, mientras que el proceso de electro recubrimiento se interrumpió menos en áreas con formación de óxido superficial reducida en soldaduras realizadas con SuperArc® XLS.

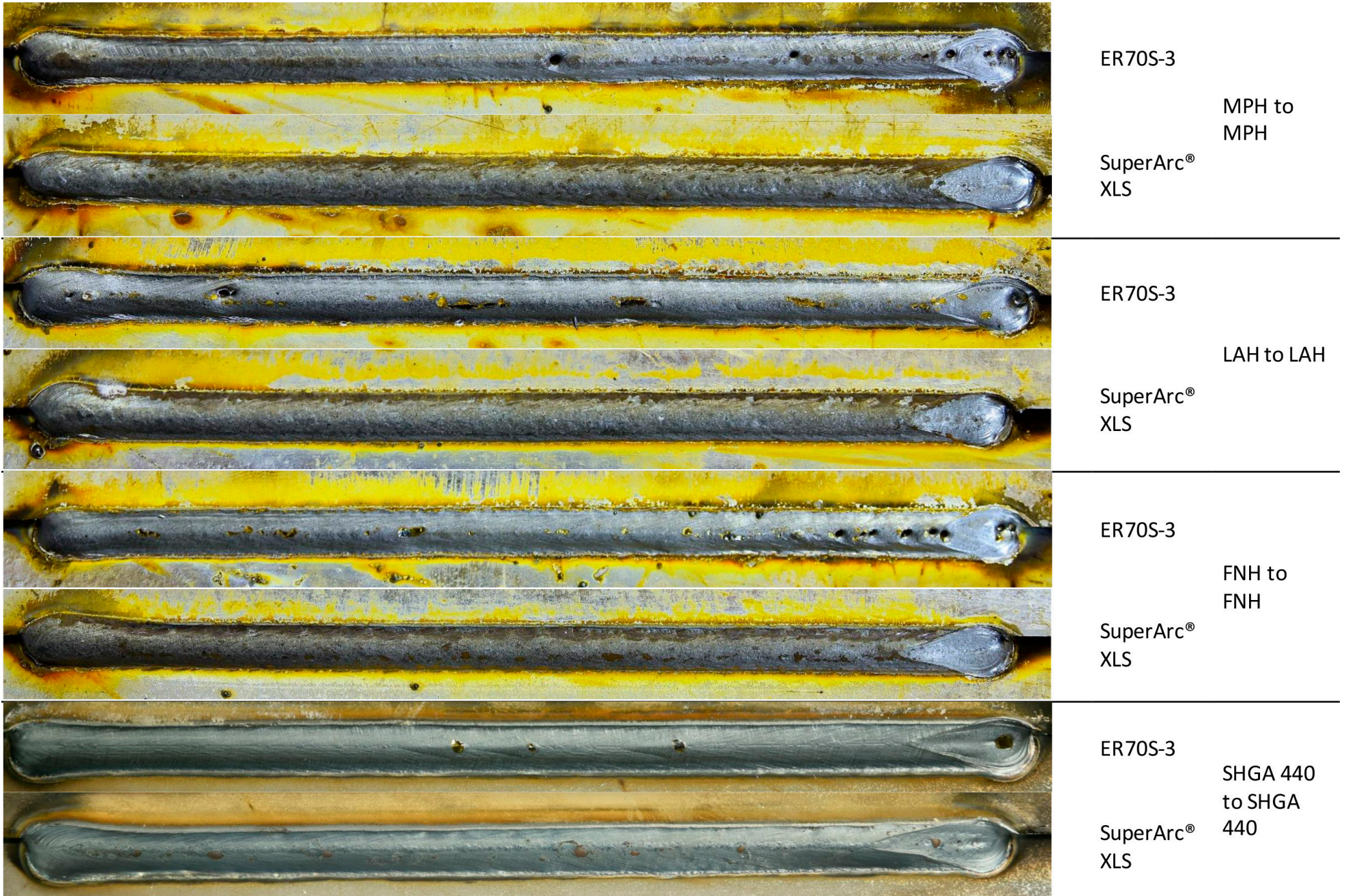


Figura 11: Ejemplo de condición superficial y porosidad externa de alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base revestidos.

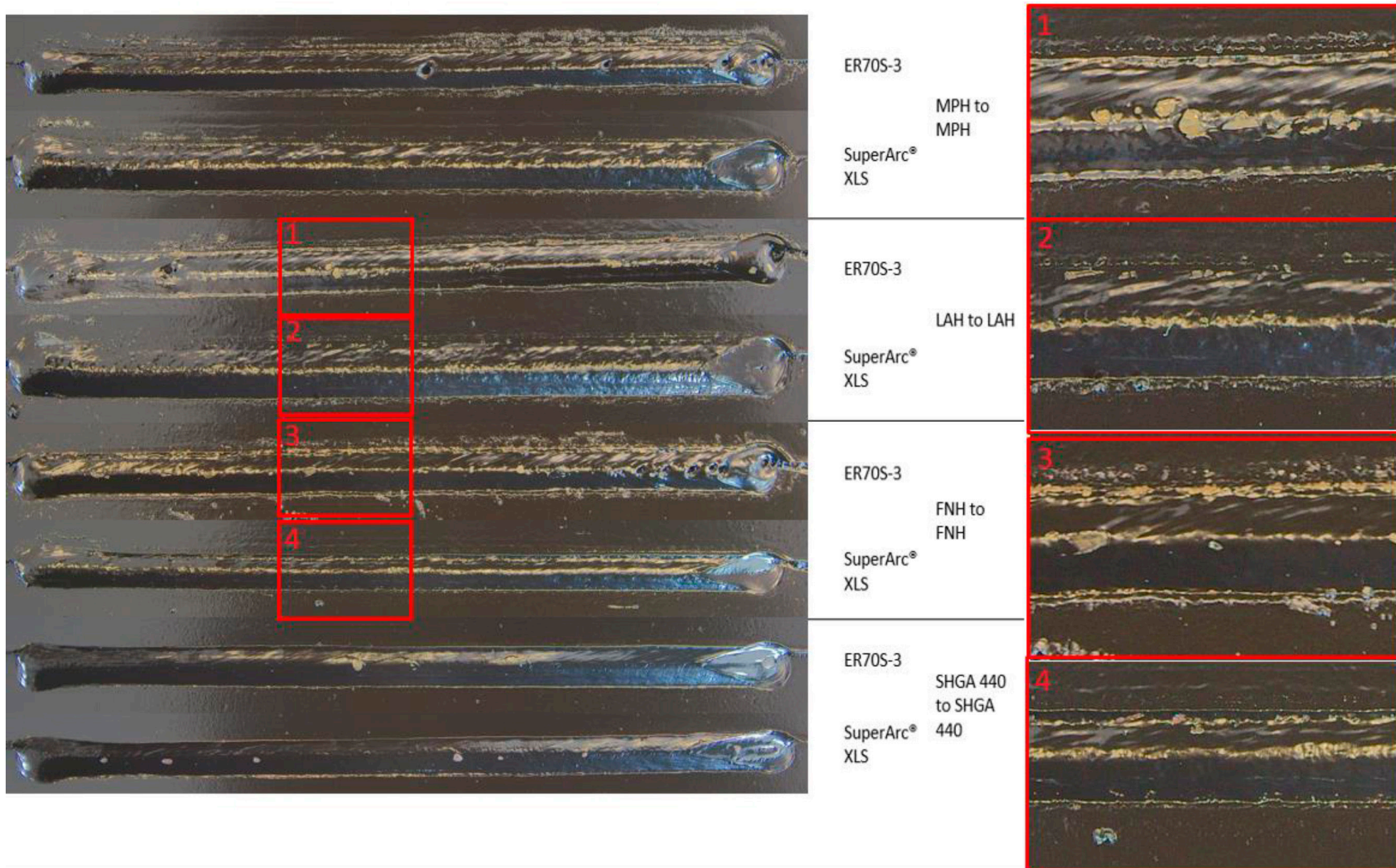


Figura 12: Ejemplo de calidad de recubrimiento de alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base recubiertos.

Los resultados de los cálculos del % de óxido superficial se documentan en la Tabla 2. Los datos sin procesar utilizados para los cálculos se encuentran en la Tabla A1 del Apéndice. Estos cálculos demuestran que Super Arc® XLS redujo la formación de óxido en la superficie en comparación con un microalambre ER70S-3 estándar, indicado por intervalos, que no se traslapan, con un 95 % de confianza.

Tabla 2: Mediciones resumidas de porcentaje de silicato para alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base.

ER70S-3		Super Arc® XLS	
	% Surface Silicate		% Surface Oxide
Min	8.6	Min	4.9
Max	27.4	Max	27.7
Avg	18.0	Avg	14.0
Std	5.0	Std	4.6
95%	16.2	95%	12.4
CI	19.7	CI	15.6

En la Figura 13 se muestra un ejemplo de comparación de la porosidad de rayos X, y en la Figura A3 del Apéndice se muestran imágenes de rayos X de todas las combinaciones de alambre/material. Como es común en los aceros recubiertos de zinc, la mayor parte de la porosidad apareció al principio y al final de las soldaduras, a causa de los ajustes inestables en el inicio/final de la soldadura atrapan más vapor de zinc debajo del metal de soldadura. Este fenómeno está presente en todas las radiografías de soldadura sin importar el tipo de alambre o material. A pesar de esto, existe una clara diferencia cualitativa entre las soldaduras realizadas con SuperArc® XLS en comparación con las soldaduras realizadas con el alambre estándar ER70S-3 en todas las combinaciones de materiales base. Mientras que el alambre ER70S-3 a menudo tenía porosidad a lo largo del cordón de soldadura, SuperArc® XLS tenía muy pocos poros a lo largo de la soldadura. La única excepción fueron las soldaduras SuperArc® XLS hechas con material FNH revestido a material FNH revestido, que tenía algo de porosidad en la primera mitad de la soldadura. Dicho esto, la porosidad en esas soldaduras puede haber sido el resultado de un recubrimiento de zinc desigual a lo largo de esa sección del material base.

Los resultados resumidos para el % de porosidad se muestran en la Tabla 3 e incluyen datos de prueba de múltiples combinaciones de materiales base. Los datos brutos utilizados para calcular los resultados de la Tabla 3 se encuentran en la Tabla A2 del Apéndice. Estos cálculos demuestran que Super Arc® XLS minimizó la formación de porosidad en comparación con un microalambre ER70S-3 estándar, indicado por intervalos, que no se traslapan, con un 95 % de confianza.

Tabla 3: Porcentaje de porosidad resumida para alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base.

ER70S-3			Super Arc® XLS		
	Count	% Porosity		Count	% Porosity
Min	5	0.47	Min	0	0.00
Max	70	12.12	Max	23	3.86
Avg	28	5.66	Avg	6	0.97
Std	16	3.49	Std	5	0.95
95% CI	21	4.05	95% CI	4	0.54
	35	7.27		9	1.42

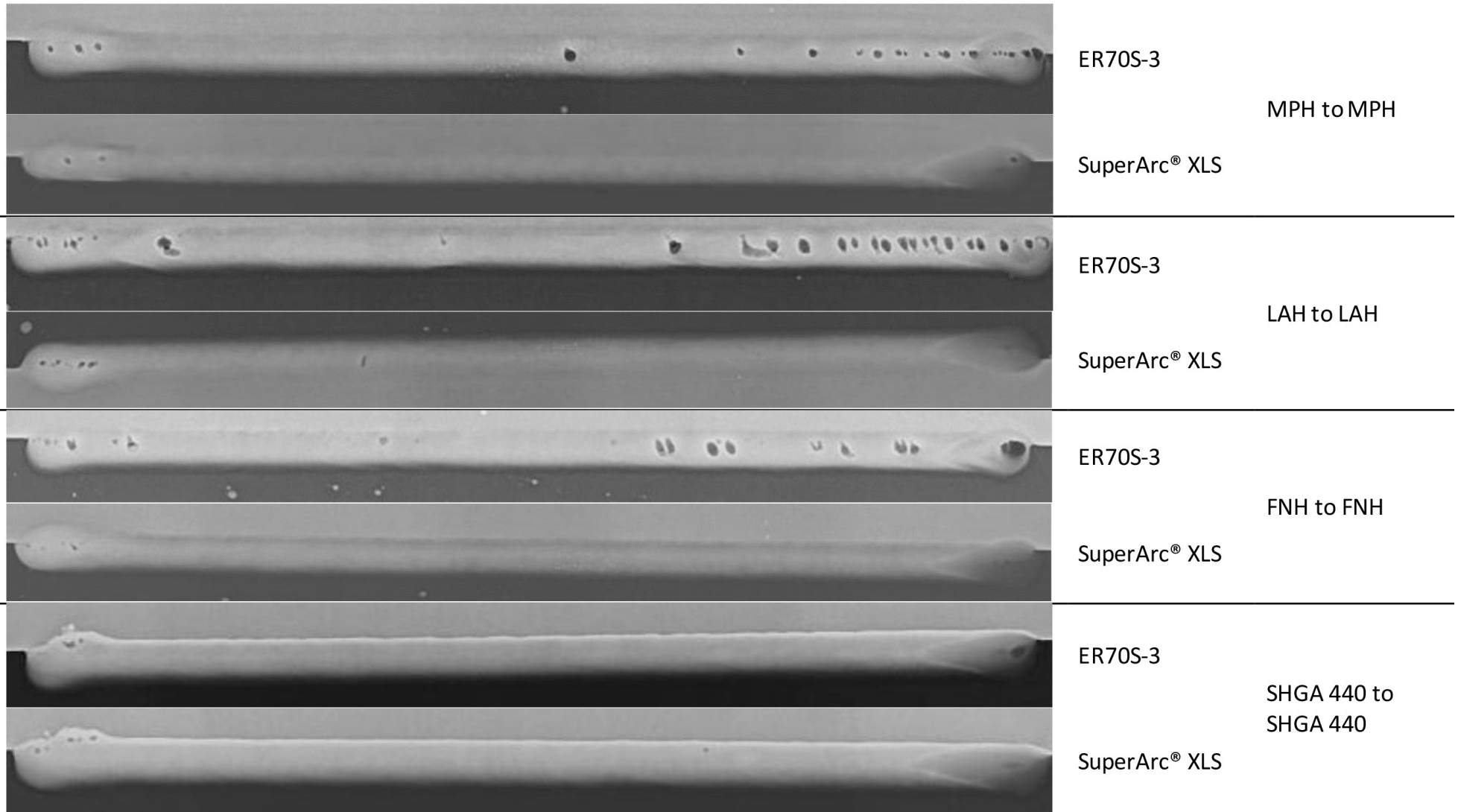


Figura 13: Ejemplo de comparación de la porosidad de rayos X de los alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base revestidos.

4 Conclusión

Las soldaduras realizadas en material recubierto de zinc a menudo se rechazan debido a la porosidad interna y externa causada por el vapor de zinc atrapado o los silicatos de la superficie que pueden afectar negativamente el rendimiento frente a la corrosión de las piezas pintadas electrostáticamente. Si bien existen algunos métodos que mitigan las limitaciones inherentes de la soldadura en aceros recubiertos de zinc, a menudo se quedan cortos cuando se suelda en uniones más difíciles, a velocidades de desplazamiento más altas o en otras circunstancias de soldadura inusuales. Para abordar estos problemas, The Lincoln Electric Company ha sido pionera en la creación de un consumible de alambre GMAW avanzado. Este producto novedoso, Super Arc® XLS, muestra claramente una mejora en el rendimiento cuando se usa para soldar aceros recubiertos de zinc en comparación con los alambres tradicionales ER70S-3 o ER70S-6. Hay un cambio visible en el comportamiento del silicato/óxido de las superficies, la porosidad externa y la porosidad debajo del cordón cuando se usa SuperArc® XLS, todo lo cual ayuda a los proveedores a cumplir o superar las especificaciones de calidad de soldadura del OEM. La modificación y reducción de los óxidos superficiales permite una mejor adherencia de la pintura, lo que a su vez mejora la resistencia a la corrosión. La reducción de la porosidad tanto interna como externa a velocidades de desplazamiento más altas mejora simultáneamente la calidad de la soldadura para los usuarios finales y al mismo tiempo aumenta la productividad para los proveedores de los componentes.

La soldadura sobre un recubrimiento de zinc requiere una solución total que incluya experiencia práctica, desarrollo de formas de onda y diseño de consumibles para crear una soldadura de calidad sólida y rendimiento repetible. La creación de un alambre diseñado específicamente para abordar muchas de las limitaciones inherentes a la soldadura en material recubierto de zinc aumenta tanto la calidad de la soldadura como la productividad de fabricación. Como tal, SuperArc® XLS es un componente clave de la solución de soldadura total necesaria para soldar con éxito materiales recubiertos de zinc.

Referencias

1. Derrien, R. (2011) "Understanding the Mechanisms Underlying the Formation of Silicate Islands in Gas Metal Arc Welding", PhD Thesis, Colorado School of Mines, Golden.

The Lincoln Electric Company
 22801 St. Clair Avenue
 Cleveland, Ohio 44117-1199

CERTIFICATE OF CONFORMANCE



Product: **SuperArc® XLS**
 Classification: **G 42 3 M20 Z**
 Specification: **ISO 14341-A:2010**
 Date: **July 16, 2020**

This is to certify that the product named above is of the same classification(s) and design as the material used for the tests reported herein. The material was tested according to the specification(s) indicated and met all requirements. It was manufactured and supplied according to a Quality System Program that meets the requirements of ISO9001 among others as documented on The Lincoln Electric web page (<http://www.lincolnelectric.com/en-us/company/Pages/certifications.aspx>).

Operating Settings	G 42 3 M20 Z Requirements	RESULTS
Required Size for Classification		1.2 mm (3/64")
Current Type/Polarity		DC+
Shielding Gas	M20	90% Ar, 10% CO2
Wire Feed Speed, cm/min		1016
Nominal Voltage, V	Not Specified	29
Nominal Current, A	260 - 300	280
Average Heat Input, kJ/mm		1.5
Travel Speed, mm/min		323
Contact Tip to Work Distance, mm	17 - 23	19
Pass/Layers	Not Specified	12/6
Preheat Temperature, °C	Not Specified	20
Interpass Temperature, °C	250 max.	150
Postweld Heat Treatment	As-welded	As-welded

Mechanical Properties of Weld Metal

Tensile Strength, MPa	500 - 640	540
Yield Strength, 0.2% Offset, MPa	420 min.	460
Elongation %	20 min.	25
Average Impact Energy, Joules	47 min.	171
Joules @ -30 °C		169 171 172

Electrode composition (weight %)	G 42 3 M20 Z Requirements	Electrode Results
C	Not Specified	0.07
Si	Not Specified	0.05
Mn	Not Specified	1.68
P	Not Specified	0.004
S	Not Specified	0.004
Ni	Not Specified	0.27
Cr	Not Specified	0.02
Mo	Not Specified	<0.00
V	Not Specified	0.01
Cu (Total)	Not Specified	0.17
Al	Not Specified	0.02
Ti+Zr	Not Specified	0.09

1. This document meets the requirements of AWS A5.01M/A5.01 Schedule G. When a specific lot number is referenced it also meets the requirements of EN10204, type 2.2. It does not meet the requirements of type 3.1.
2. The size(s) of electrode tested is determined by the requirements for this classification. All other sizes manufactured will also meet these requirements.
3. Strength values in SI units are reported to the nearest 10 MPa converted from actual data. Preheat and interpass temperature values in SI units are reported to the nearest 5 degrees.

August 11, 2020



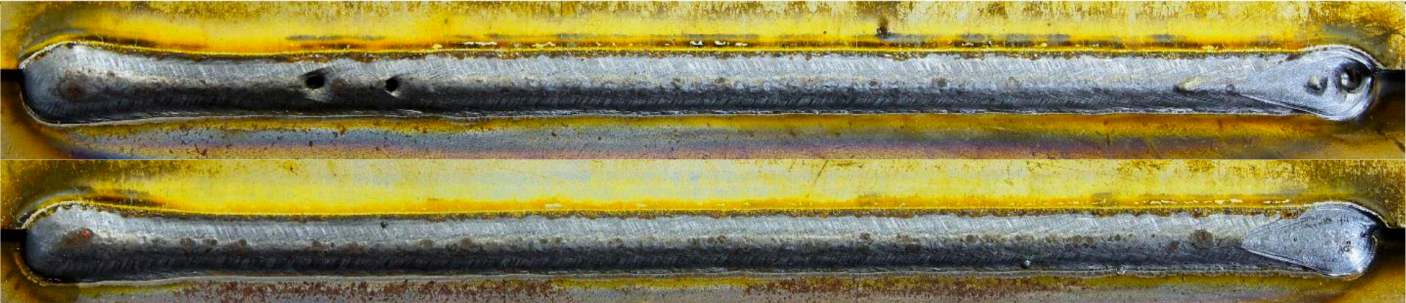

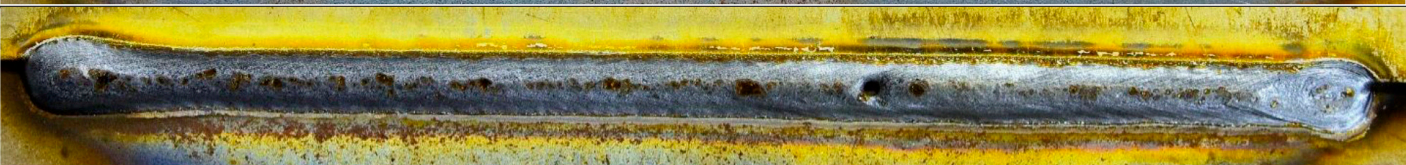
Rich Bollas, Certification Supervisor


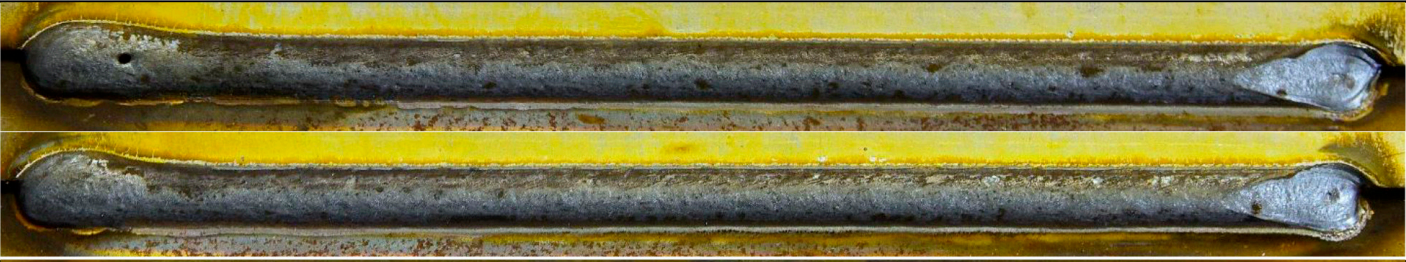
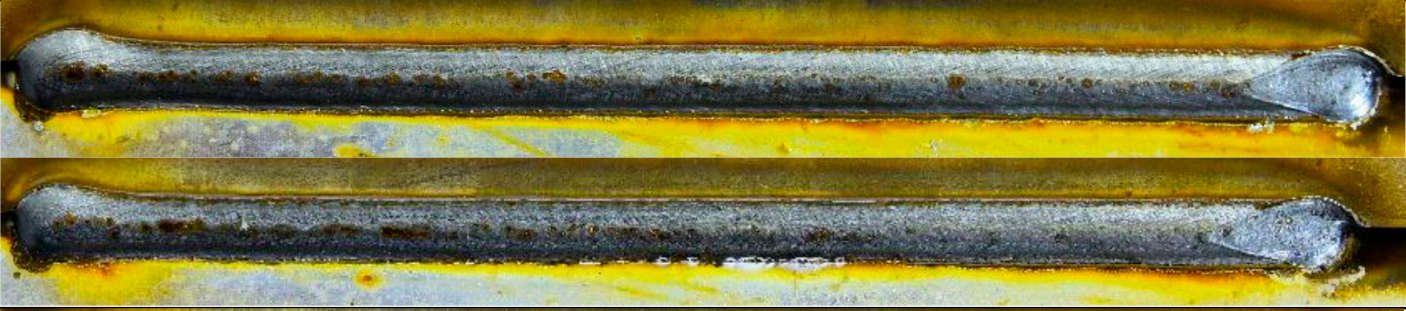
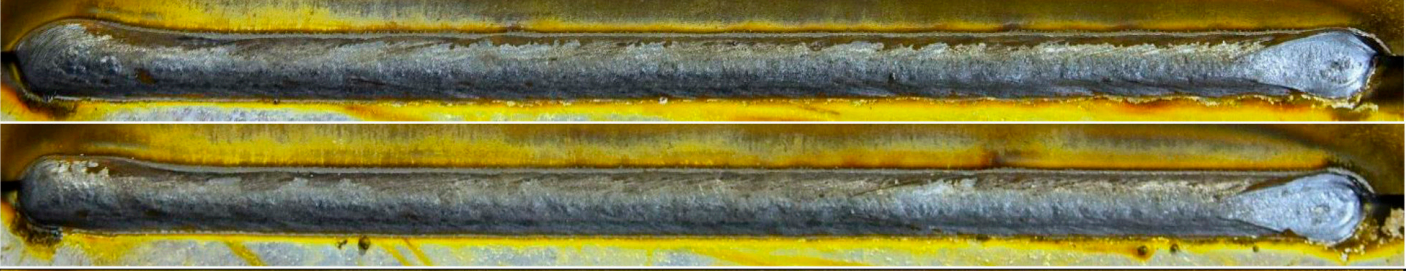
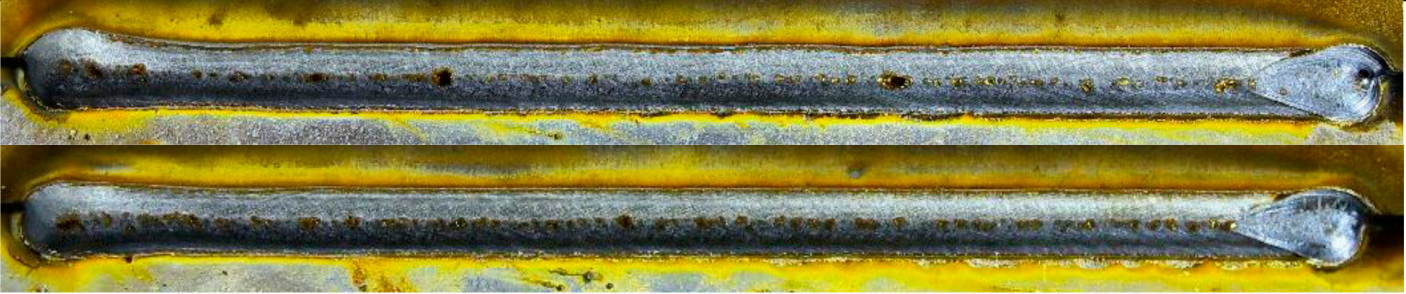
Date

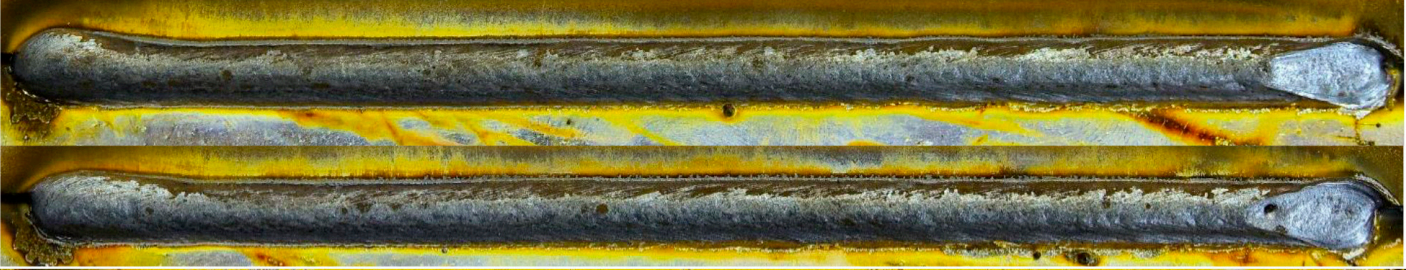


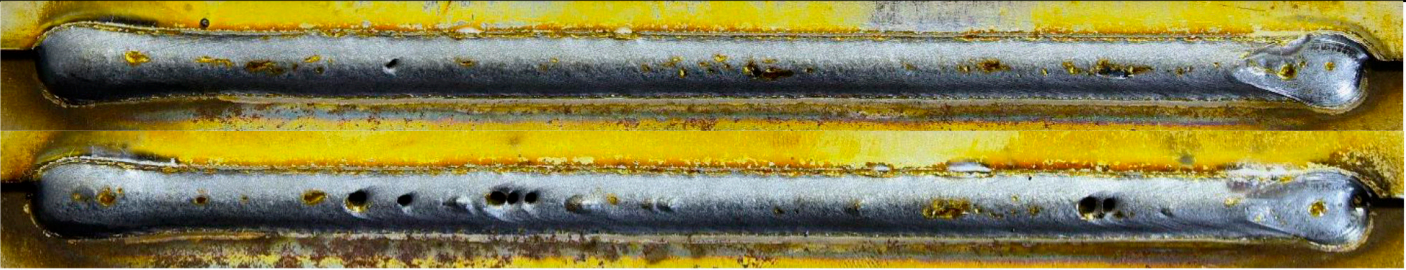
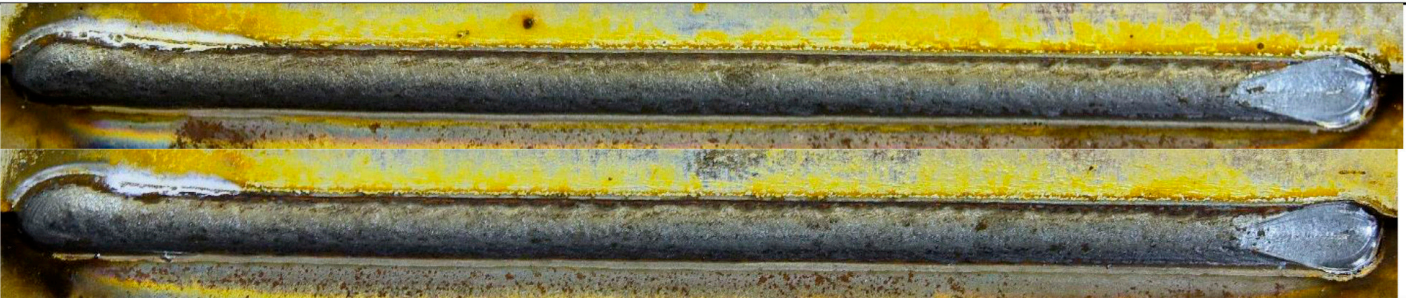
August 11, 2020

Jon Ogborn, Manager, Consumable Compliance

Date

	ER70S-3	MPH (GI) to MPH (GI)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	MPH (GI) to MPH (bare)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	

		MPH (GI) to FNH (bare)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	MPH (bare) to LAH (GI)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	MPH (bare) to FNH (GI)

	<p>SuperArc® XLS</p>	
	<p>ER70S-3</p>	<p>LAH (GI) to LAH (GI)</p>
	<p>SuperArc® XLS</p>	
	<p>ER70S-3</p>	<p>LAH (GI) to FNH (bare)</p>
	<p>SuperArc® XLS</p>	

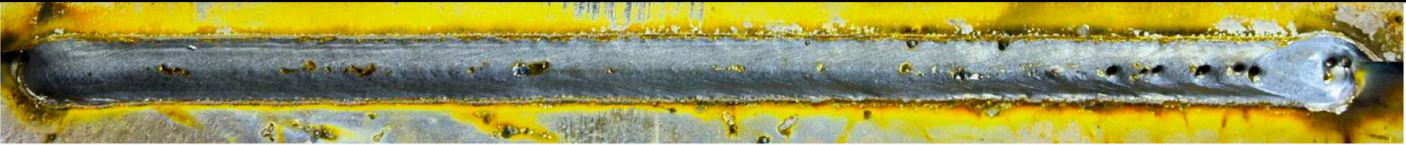



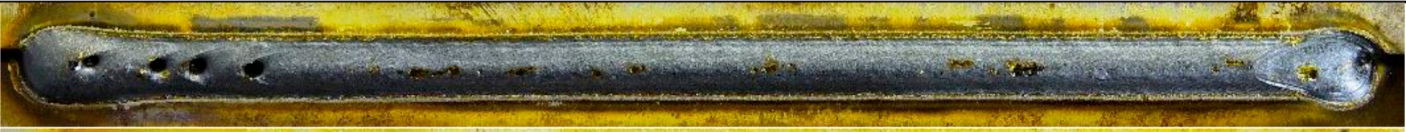

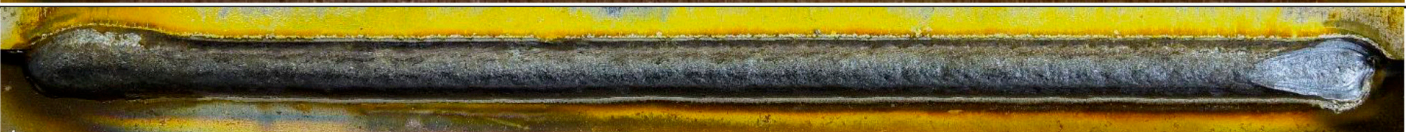

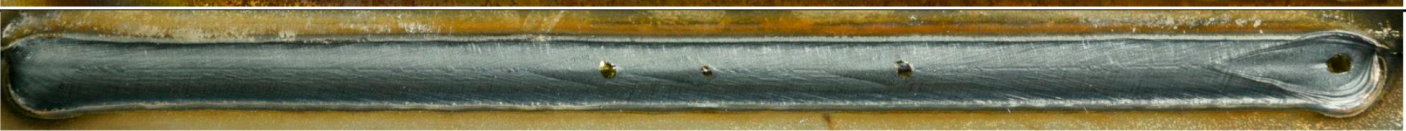
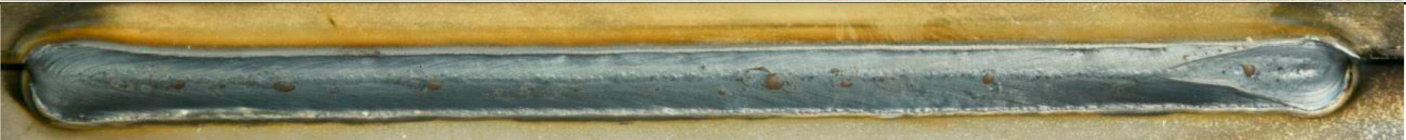
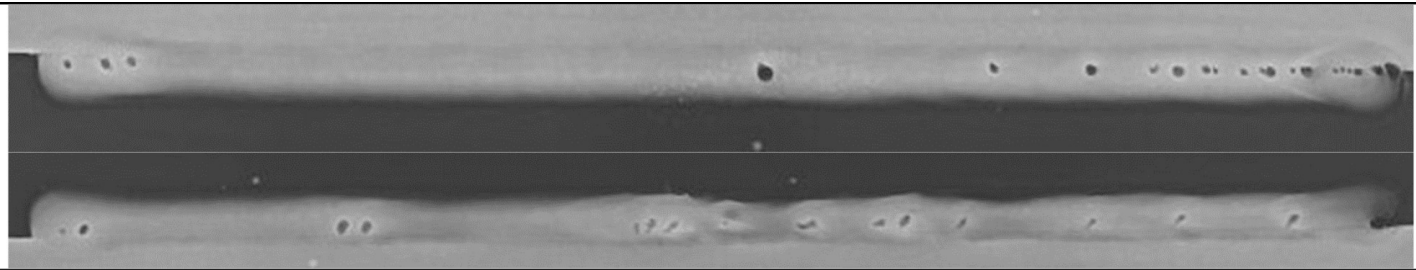
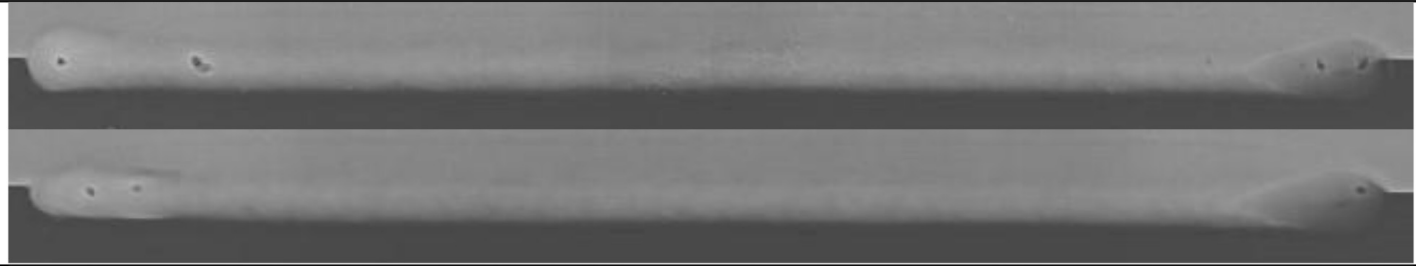
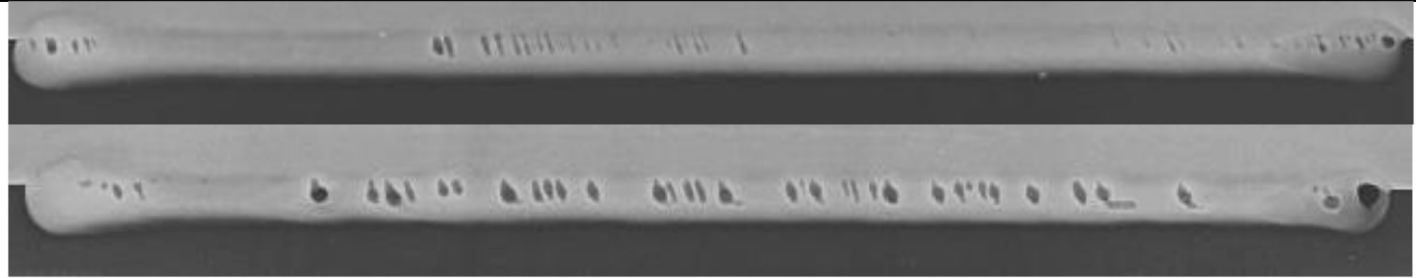
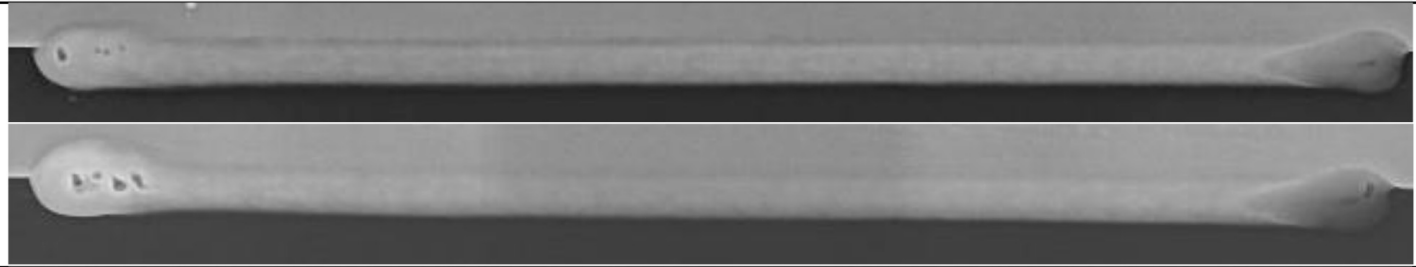
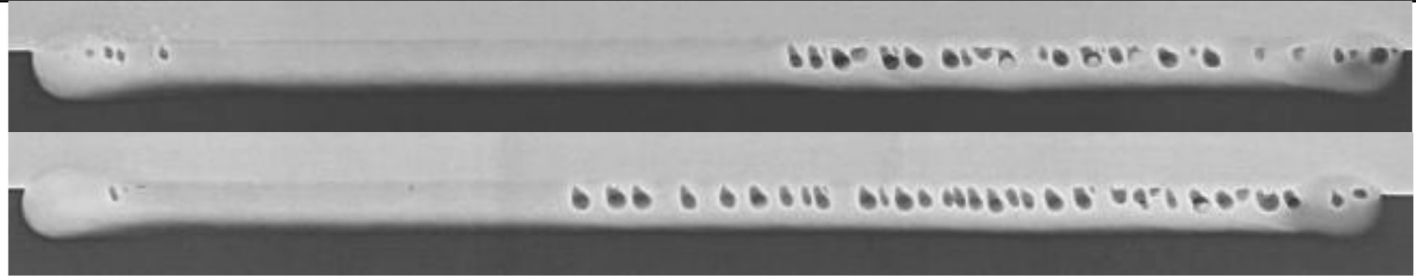
	ER70S-3	FNH (GI) to FNH (GI)
		
	SuperArc® XLS	
		
	ER70S-3	FNH (GI) to FNH (bare)
		
	SuperArc® XLS	
		
	ER70S-3	SHGA 440 (GI) to SHGA440 (GI)
	SuperArc® XLS	

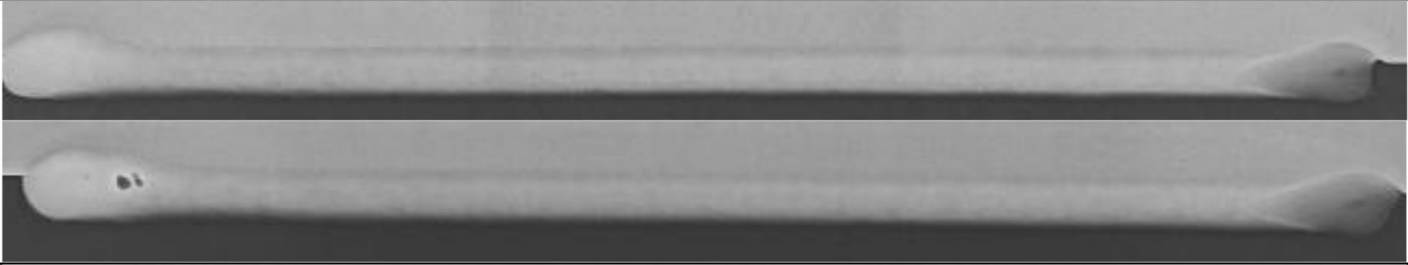
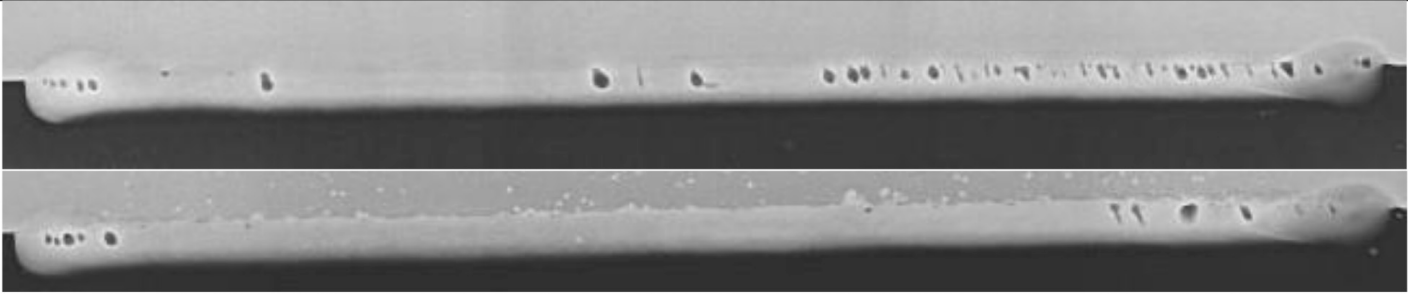
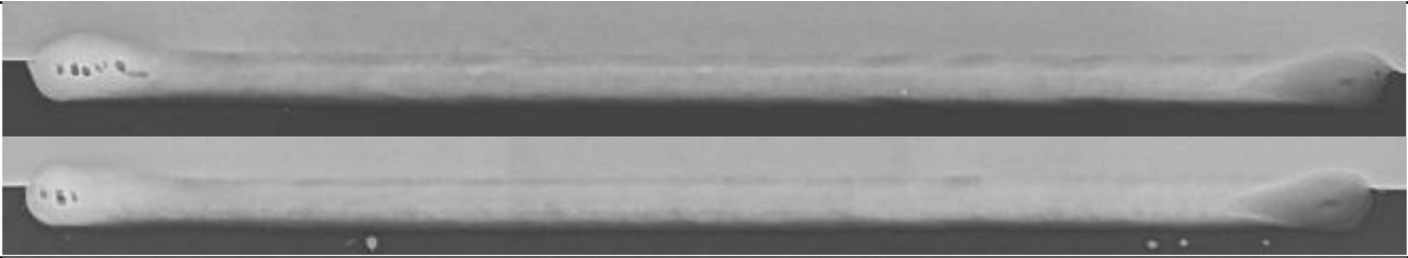
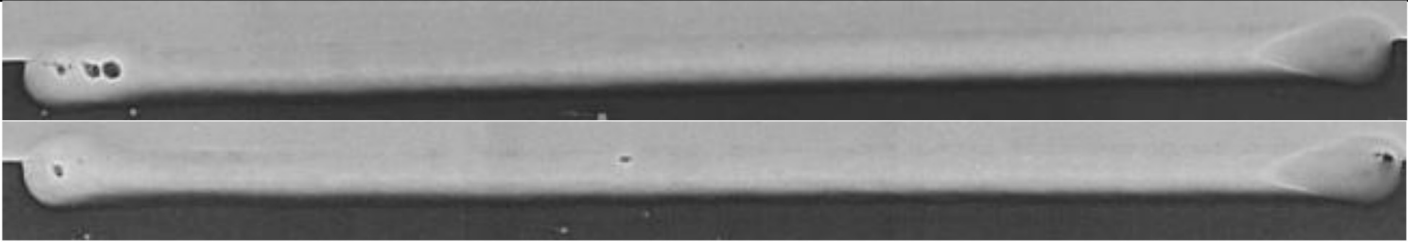
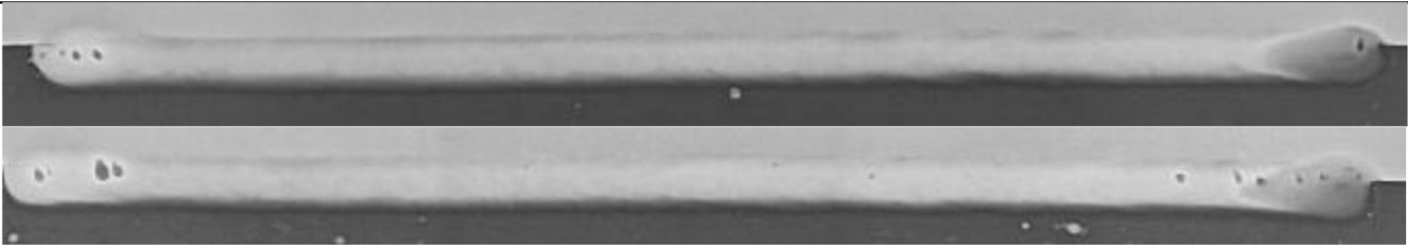
Figura A2: Estado de la superficie y porosidad externa de todas las soldaduras SuperArc® XLS y ER70S-3 con una variedad de materiales base.

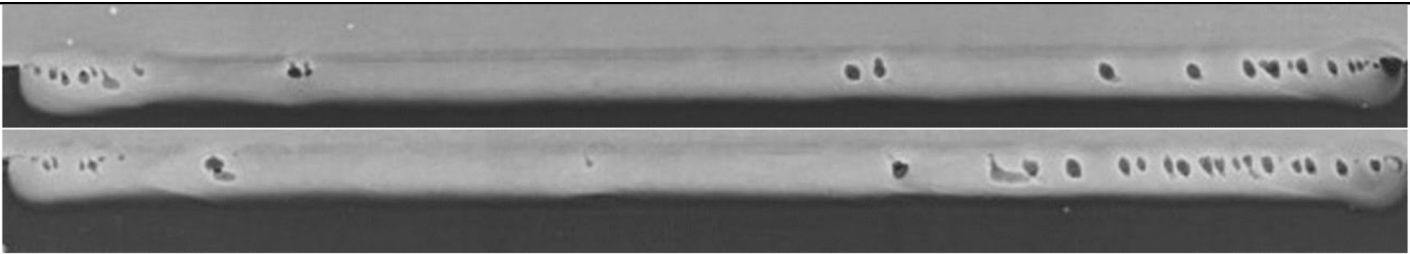
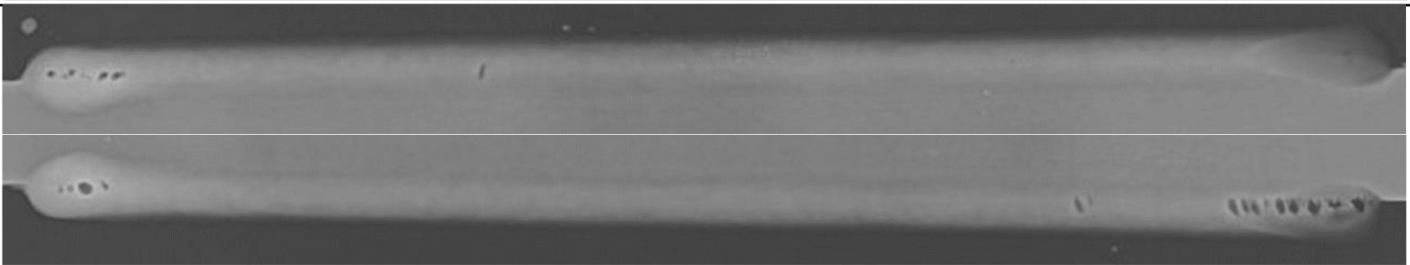
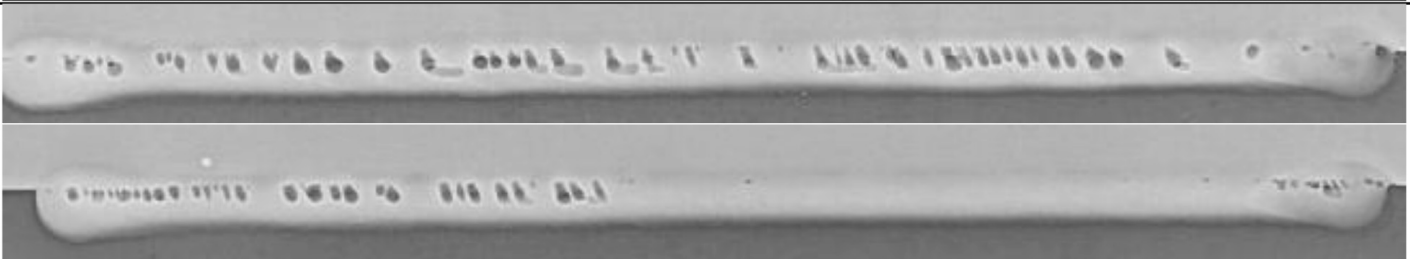
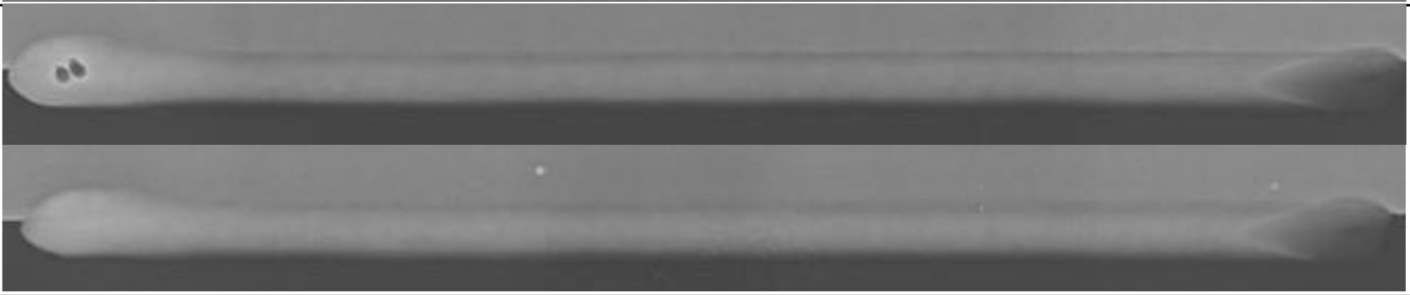
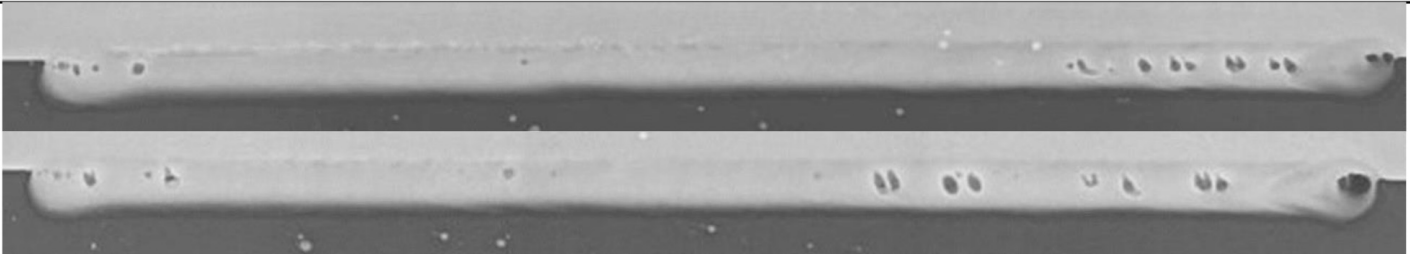
Tabla A1: Mediciones de silicato/óxido de superficie de porcentaje bruto para alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base.

<u>Wire</u>	<u>Base Material</u>	<u>% Silicate/Oxide</u>
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (GI)	8.59
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (GI)	17.07
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (GI)	15.92
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (GI)	15.3
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (bare)	15.47
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (bare)	16.8
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (bare)	12.85
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (bare)	7.23
ER70S-3	MPH (GI) to LAH (bare)	9.16
ER70S-3	MPH (GI) to LAH (bare)	14.75
SuperArc® XLS	MPH (GI) to LAH (bare)	12.73
SuperArc® XLS	MPH (GI) to LAH (bare)	19.62
ER70S-3	MPH (GI) to FNH (bare)	19.55
ER70S-3	MPH (GI) to FNH (bare)	24.61
SuperArc® XLS	MPH (GI) to FNH (bare)	9.38
SuperArc® XLS	MPH (GI) to FNH (bare)	13.52
ER70S-3	MPH (bare) to MPH (bare)	15.02
ER70S-3	MPH (bare) to MPH (bare)	10.03
SuperArc® XLS	MPH (bare) to MPH (bare)	15
SuperArc® XLS	MPH (bare) to MPH (bare)	16.2
ER70S-3	MPH (bare) to LAH (GI)	15.95
ER70S-3	MPH (bare) to LAH (GI)	17.15
SuperArc® XLS	MPH (bare) to LAH (GI)	12.58
SuperArc® XLS	MPH (bare) to LAH (GI)	14.69
ER70S-3	MPH (bare) to LAH (bare)	20.3
ER70S-3	MPH (bare) to LAH (bare)	20.57
SuperArc® XLS	MPH (bare) to LAH (bare)	20.57
SuperArc® XLS	MPH (bare) to LAH (bare)	27.66
ER70S-3	MPH (bare) to FNH (GI)	27.4
ER70S-3	MPH (bare) to FNH (GI)	18.61
SuperArc® XLS	MPH (bare) to FNH (GI)	15.15
SuperArc® XLS	MPH (bare) to FNH (GI)	18.37
ER70S-3	MPH (bare) to FNH (bare)	25.52
ER70S-3	MPH (bare) to FNH (bare)	26.55

SuperArc® XLS	MPH (bare) to FNH (bare)	13.97
SuperArc® XLS	MPH (bare) to FNH (bare)	11.6
ER70S-3	LAH (GI) to LAH (GI)	14.24
ER70S-3	LAH (GI) to LAH (GI)	21.84
SuperArc® XLS	LAH (GI) to LAH (GI)	9.95
SuperArc® XLS	LAH (GI) to LAH (GI)	9.78
ER70S-3	LAH (GI) to LAH (bare)	13.49
ER70S-3	LAH (GI) to LAH (bare)	9.39
SuperArc® XLS	LAH (GI) to LAH (bare)	20.27
SuperArc® XLS	LAH (GI) to LAH (bare)	16.8
ER70S-3	LAH (GI) to FNH (bare)	21.29
ER70S-3	LAH (GI) to FNH (bare)	22.94
SuperArc® XLS	LAH (GI) to FNH (bare)	12.54
SuperArc® XLS	LAH (GI) to FNH (bare)	10.78
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (GI)	14.32
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (GI)	20.01
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (GI)	7.14
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (GI)	10.81
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (bare)	21.78
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (bare)	20.46
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (bare)	4.89
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (bare)	13.64
ER70S-3	FNH (bare) to FNH (bare)	20.52
ER70S-3	FNH (bare) to FNH (bare)	15.18
SuperArc® XLS	FNH (bare) to FNH (bare)	18.03
SuperArc® XLS	FNH (bare) to FNH (bare)	13.47

	ER70S-3	MPH (GI) to MPH (GI)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	MPH (GI) to MPH (bare)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	MPH (GI) to FNH (bare)

	<p>SuperArc® XLS</p>	
	<p>ER70S-3</p>	<p>MPH (bare) to LAH (GI)</p>
	<p>SuperArc® XLS</p>	
	<p>ER70S-3</p>	<p>MPH (bare) to FNH (GI)</p>
	<p>SuperArc® XLS</p>	

	ER70S-3	LAH (GI) to LAH (GI)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	LAH (GI) to FNH (bare)
	SuperArc® XLS	
	ER70S-3	FNH (GI) to FNH (GI)

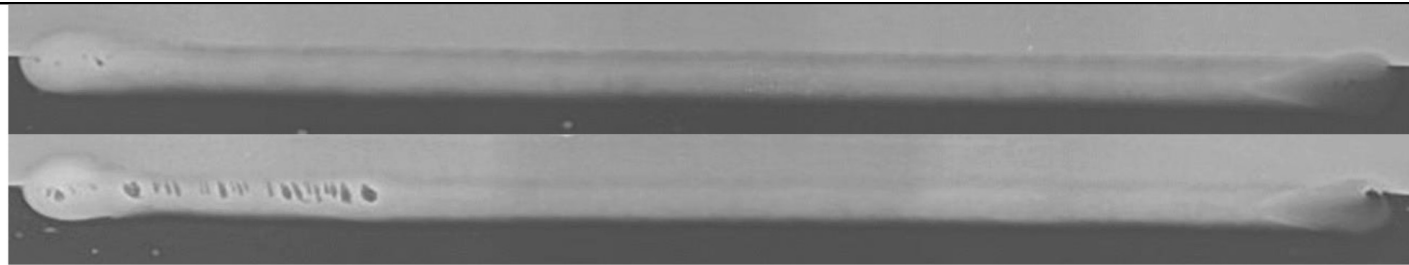
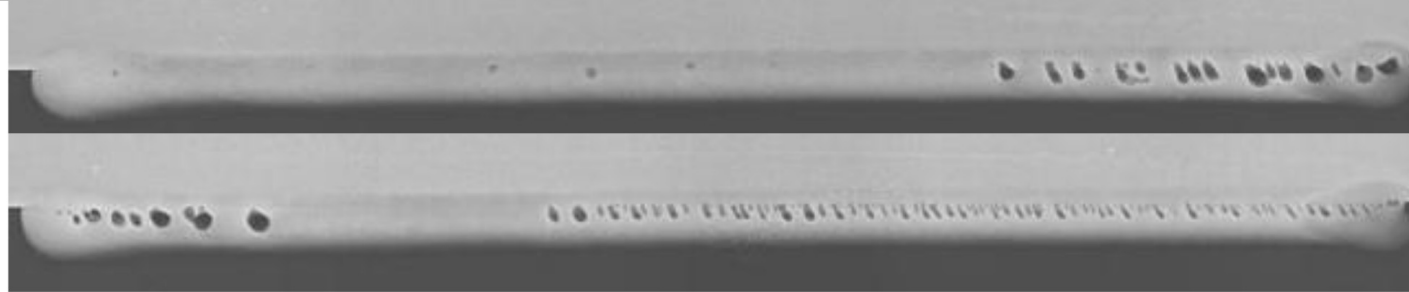
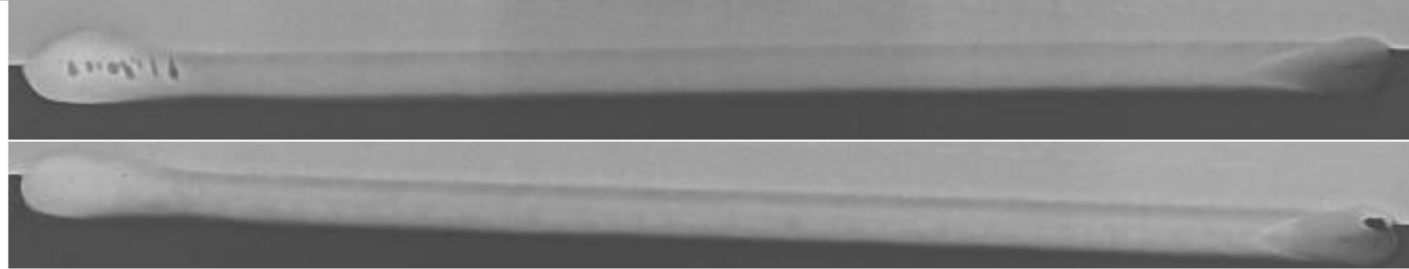
	<p>SuperArc® XLS</p>	
	<p>ER70S-3</p>	<p>FNH (GI) to FNH (bare)</p>
	<p>SuperArc® XLS</p>	

Figura A3: Radiografías de todas las soldaduras SuperArc® XLS y ER70S-3 con una variedad de materiales base.

Tabla A2: Mediciones de porcentaje de porosidad sin procesar para alambres SuperArc® XLS y ER70S-3 soldados en una variedad de materiales base.

<u>Wire</u>	<u>Base Material</u>	<u># of Pores</u>	<u>% Porosity</u>
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (GI)	20	2.5%
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (GI)	15	2.9%
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (GI)	6	0.9%
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (GI)	3	0.4%
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (bare)	36	4.4%
ER70S-3	MPH (GI) to MPH (bare)	39	11.1%
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (bare)	5	0.5%
SuperArc® XLS	MPH (GI) to MPH (bare)	5	1.1%
ER70S-3	MPH (GI) to FNH (bare)	30	8.5%
ER70S-3	MPH (GI) to FNH (bare)	37	11.4%
SuperArc® XLS	MPH (GI) to FNH (bare)	3	0.7%
SuperArc® XLS	MPH (GI) to FNH (bare)	0	0.0%
ER70S-3	MPH (bare) to LAH (GI)	12	2.0%
ER70S-3	MPH (bare) to LAH (GI)	41	6.1%
SuperArc® XLS	MPH (bare) to LAH (GI)	8	0.9%
SuperArc® XLS	MPH (bare) to LAH (GI)	4	0.5%
ER70S-3	MPH (bare) to FNH (GI)	6	1.1%
ER70S-3	MPH (bare) to FNH (GI)	5	0.5%
SuperArc® XLS	MPH (bare) to FNH (GI)	5	0.6%
SuperArc® XLS	MPH (bare) to FNH (GI)	12	1.6%
ER70S-3	LAH (GI) to LAH (GI)	23	5.0%
ER70S-3	LAH (GI) to LAH (GI)	27	5.3%
SuperArc® XLS	LAH (GI) to LAH (GI)	6	0.5%
SuperArc® XLS	LAH (GI) to LAH (GI)	15	2.8%
ER70S-3	LAH (GI) to FNH (bare)	38	6.9%
ER70S-3	LAH (GI) to FNH (bare)	47	12.1%
SuperArc® XLS	LAH (GI) to FNH (bare)	0	0.0%
SuperArc® XLS	LAH (GI) to FNH (bare)	2	1.0%
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (GI)	16	3.1%
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (GI)	20	4.2%
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (GI)	5	0.3%
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (GI)	23	3.9%
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (bare)	70	9.5%
ER70S-3	FNH (GI) to FNH (bare)	21	5.3%
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (bare)	2	0.5%
SuperArc® XLS	FNH (GI) to FNH (bare)	8	1.5%