

Mantenimiento de Lanza de Horno Isasmelt en la Industria del Cobre

Jesús Estrada Zambrano

SOLDEXA S.A. , Arequipa, Perú, jestrada@soldexa.com.pe

José Cristian Belón Corrales

SOLDEXA S.A. , Arequipa, Perú, jbelon@soldexa.com.pe

RESUMEN

Se presenta en este trabajo una opción en el mantenimiento de la Lanza de Horno Isasmelt que trabaja inyectando oxígeno y combustible para fundir el concentrado de cobre a temperaturas mayores a 1000°C. Por estar compuesta de tres tipos de materiales (acero al carbono SAE 1025, acero inoxidable AISI 316L, acero 253MA SANDVIK) y presentar desgaste, deformación en el cuerpo por acción del calor y corrosión generadas por el baño de cobre fundido a la cual esta expuesta implica trabajos de corte y soldadura para mantenerla operativa; con tales objetivos se realizan cálculos de soldadura, seleccionan los procesos de soldadura, materiales de aporte y técnicas de aplicación.

Palabras claves: Mantenimiento, lanza, Isasmelt, soldadura

ABSTRACT

This work is an option to the maintenance of the Lance of Oven Isasmelt, which works injecting oxygen and fuel to fuse the concentrate of copper to major temperatures to 1000°C, it is composed of three types of materials (steel SAE 1025, stainless steel AISI 316L and steel 253MA SANDVIK) and to present wear and deformation in the body for action of the heat and corrosion generated by the bath of copper fused to which exposed, this implies works that cut and weld to keep it operative, with such aims calculations of weld are realized, select the processes of weld, materials of weld and technologies of application.

Keywords: Maintenance, lance, Isasmelt, weld.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO MARGENES

La demanda de los metales a nivel mundial hace que las empresas busquen alta competitividad con bajos costos de producción y bajos niveles de contaminación, desarrollándose nuevas tecnologías a la cual pertenece el Horno Isasmelt para fundir metales. Es un cilindro vertical cuya característica principal de proceso es la Lanza Isasmelt, la cual se integra al horno desde la parte superior ingresando incluso hasta el baño de escoria líquida. El material a fundir (concentrado de cobre) también ingresa desde la parte superior, reacciona con el aire y el oxígeno inyectados por la lanza. La inyección de aire y oxígeno ingresan al baño fundido creando una gran turbulencia en el mismo, generándose también un intenso calor. Los gases pasan a través de un dissipador de calor generando en contra flujo vapor de agua; después de ello los gases pasan por un precipitador electrostático para atrapar partículas sólidas antes de pasar a la planta de ácidos. El horno es vertical recubierto por el interior con ladrillo refractario básico, la Lanza inyecta oxígeno, aire y combustible al baño fundido de escoria y metal mate.

La punta de la Lanza esta posicionada justo debajo de la superficie del baño de escoria fundida; la reacción de aire, oxígeno y combustible (combustión) remueven violentamente el líquido fundido. Esto asegura la mezcla homogénea del concentrado. En las primeras etapas se forma una capa de escoria alrededor de la punta de la

Lanza, esta sirve para atenuar los actos corrosivos y oxidantes del ambiente. Los productos del proceso de fundición ISASMELT (metal líquido y escoria) salen del fondo del horno mediante un conducto refrigerado, este proceso puede ser automático con flujos continuos o intermitentes.

2. AGENTES DE DESGASTE.

Aparte de las deformaciones que presenta por el trabajo a altas temperaturas se ha identificado los siguientes agentes de desgaste.

2.1 CORROSIÓN POR METAL LÍQUIDO.

La solubilidad de un sólido en un líquido aumenta con el incremento de la temperatura, aumenta también la tendencia a que un sólido se disuelva hasta su límite de solubilidad en la parte a alta temperatura. La parte caliente es corroída continuamente por el calor lo cual origina la deterioración gradual del metal en la zona caliente.

2.2 OXIDACIÓN.

El componente al estar expuesto a altas temperaturas forma óxidos inestables de pobre adherencia, desprendiéndose estos fácilmente y generando un continuo desgaste del espesor de pared de la lanza hasta perforarla.

3. CONDICIONES DE TRABAJO.

El ambiente en el que trabaja la Lanza Isasmelt posee las siguientes características.

3.1 PUNTA DE LANZA.

La punta (primera sección de la lanza) se encuentra sumergida dentro del cobre líquido a temperatura aproximada de TCU fundido = 1084°C.



Figura 1: Punta de Lanza desgastada

3.2 SEGUNDA SECCION DE LA LANZA.

La segunda sección de la Lanza esta en contacto con la escoria líquida sufriendo el impacto de gotas de escoria líquida TFe fundido = 1320°C



Figura 2: Segunda sección de la Lanza

3.3 DEFORMACIONES EN LA LANZA.

La lanza sufre deformaciones en su longitud por causa de elevadas temperaturas tal y como muestra la imagen.



Figura 3: Deformaciones en el cuerpo de la Lanza

4. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL BASE.

La lanza esta compuesta por cuatro secciones hechas con materiales 253 MA Sandvik (punta de lanza), 253 MA Sandvik., AISI 316L, Ac. Al carbono, la figura 4 muestra el detalle.



Figura 4: Partes que conforman la Lanza

Se tiene que soldar las cuatro secciones que conforman la lanza, se consideran tres uniones que tendrán tratamientos distintos, teniendo en cuenta las uniones entre los materiales.

Tabla 1: Uniones que comprenden la Lanza

Unión	Material 1	Material 2
A	253 MA	253 MA
B	253 MA	AISI 316L
C	AISI 316L	Acero al C

La figura 5 detalla la ubicación de las uniones en trabajo dentro del Horno Isasmelt.

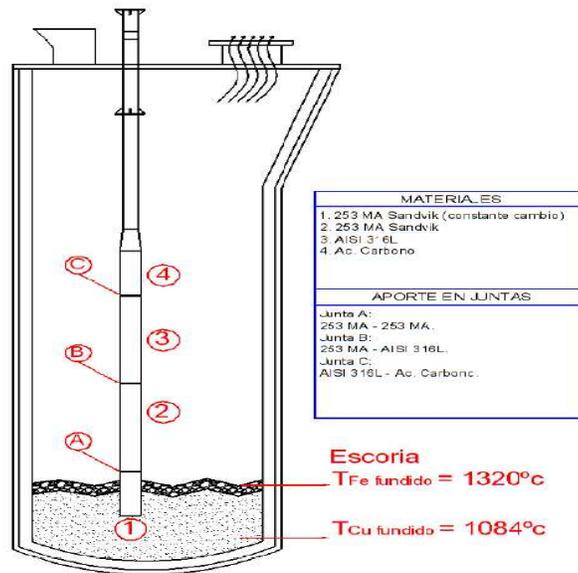


Figura 5: Partes que conforman la Lanza Isasmelt

4.1 IDENTIFICACIÓN MATERIAL 253 MA SANDVIK

Este es un acero austenítico aleado con Cromo-Níquel y pequeños porcentajes de Nitrógeno; cuyas características principales de Alto esfuerzo CREEP (high creep strength), buena resistencia isotérmica sobretodo a la oxidación, buena estabilidad estructural a altas temperaturas y buena soldabilidad, hacen que pueda ser usado a temperaturas superiores a los 1150°C.

Tabla 2: Composición química material 252 MA SANDVIK

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Ce
0.08	1.6	0.8	0.04	0.03	21	11	0.17	0.05

Tabla 3: Requerimientos mecánicos material 252 MA SANDVIK

Requerimientos Físicos Típicos			
Límite de Fluencia mín.	Resis a la Tensión mín.	Elongacion	Dureza Vickers
ksi	ksi		
45-50	45-50	94-123	190

Tiene muy alta resistencia a la oxidación, sobre todo a altas temperaturas; la temperatura de servicio no debe exceder los 1150°C (2100°F), la oxidación isoterma a 1150°C (2100°F) para 100hr produce un ratio de corrosión de aprox. 0.3 mm/year (13 mpy), y exposición a la misma temperatura para 1000hr aprox. 0.2 mm/year (9 mpy), la oxidación cíclica a 1150°C para 5x24hr con temperatura de ambiente refrigerada cada 24 horas da una proporción de corrosión menor que 1.1mm/year (43 mpy) cantidad poco mayor que el ratio de oxidación a 1000°C.

4.1.1 APLICACIONES:

El alto esfuerzo creep del 253 MA, junto a su excelente resistencia de oxidación y su buena resistencia a la carburización, lo hace muy apropiado para propósitos donde aceros 18/8 fallan. Aceros inoxidables al cromo tienen insuficiente esfuerzo al creep y baja estabilidad estructural. 253 MA puede muy bien reemplazar a aceros como 25Cr/20Ni y 800H. 253 MA ha llegado a ser usado extensivamente en la industria metalúrgica y petroquímica, entre sus principales aplicaciones se citan:

Tubos en los sistemas de recuperación de calor, tubos que transportan gases a altas temperaturas (quemadores), tubos para la inyección de carbón pulverizado, sistemas de tuberías para plantas de combustión, tubos en plantas de incineración de sólidos, tubos para precalentar aire en convertidores de ácido sulfúricos.

4.2 IDENTIFICACIÓN MATERIAL AISI 316 L

Tabla 4: Composición química material AISI 316 L

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo
0.03	2.00	1.00	10-14	16-18	2-3

Acero inoxidable austenítico al molibdeno. Tiene excelente resistencia a la corrosión prácticamente frente a cualquier agente corrosivo de concentración elevada y hasta temperaturas de aproximadamente 300°C. Se suelda fácilmente, pero en las zonas recalentadas si no se realiza hipertemple puede presentar corrosión intergranular. No es templable. Se puede endurecer por deformación en frío (alambres). En estado recocido (hipertemplado) no es ferromagnético. A medida que se deforma en frío, adquiere ferromagnetismo. En estado blando es apto para estampar en frío, debido a su bajo contenido de C no presenta corrosión intergranular aun en estado recalentado. Se suelda fácilmente, pero para soldar hay que usar electrodos del mismo tipo de acero

4.2.1 APLICACIONES

Por sus características de mayor resistencia a la corrosión por picaduras, mejor resistencia a la corrosión por ácidos, mejor resistencia a la corrosión por agua de mar y medios sulfúricos, es aplicado en la industria química, industria textil, industria fotográfica, industria de la pintura, industria de caucho, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria lechera, industria de la carne, industria vitivinícola (vino blanco), industria del algodón, construcciones marítimas, artículos de alambres: mallas, rejillas, armazones, canastas (para pesca), etc.

4.3 IDENTIFICACIÓN MATERIAL SAE 1025

Tabla 5: Composición química material SAE 1025

C	Mn	S	P	S
0.22-0.28	0.3-0.6	0.05	0.04	0.03

Tabla 6: Requerimientos mecánicos material SAE 1025

Límite de Fluencia Mín.		Resis a la Tensión min.		Elongación % Mínimo	
KSI	MPA	KSI	MPA	EN 8	EN 2"
32	220	58	400	N/A	25

Por su contenido de carbono estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales. Son de fácil soldabilidad, son aceros recomendados para trabajos variados, como los que se requieren en tanques, tuberías, bases de máquinas, etc.

5. DETERMINACIÓN DE LAS JUNTAS DE SOLDADURA.

5.1 JUNTA (A) 253MA / 253 MA

Esta junta esta ubicada a 1000mm del extremo de la lanza (punta). El sistema ISASMELT posee una auto regulación de alturas, debido a que la primera sección se derrite por estar sumergida dentro del cobre liquido, además de contener la combustión de aire altamente enriquecido con oxigeno y diesel. Se busca en esta soldadura excelente resistencia a la corrosión, deberá también resistir temperaturas mayores a los 1350°C (TFE fundido) además poseer buena soldabilidad y según las condiciones de ambiente el aporte seleccionado deberá tener muy Buena resistencia a la corrosión (oxidación) y resistir altas temperaturas, dentro las posibles soluciones:

Tabla 7: Composición química posibles soluciones

Material	C	Cr	Ni	Mo	Si	P	S	Cu	Cr Eq	Ni Eq
E 308 L	0.03	19-22	9-11	0.75	0.30-0.65	0.03	0.03	0.75	22,2	11,8
E 309 L	0.03	23-25	12-14	0.75	0.30-0.65	0.03	0.03	0.75	25,5	14,8
E 310	0.08	25-28	20-22	0.75	0.30-0.65	0.03	0.03	0.75	28	24,5
E 316 L	0.03	18-20	11-14	3	0.30-0.65	0.03	0.03	0.75	21,7	14,3

Mediante el Cr y Ni equivalente localizamos en el diagrama de Schaeffler los materiales mostrados en la Tabla 7

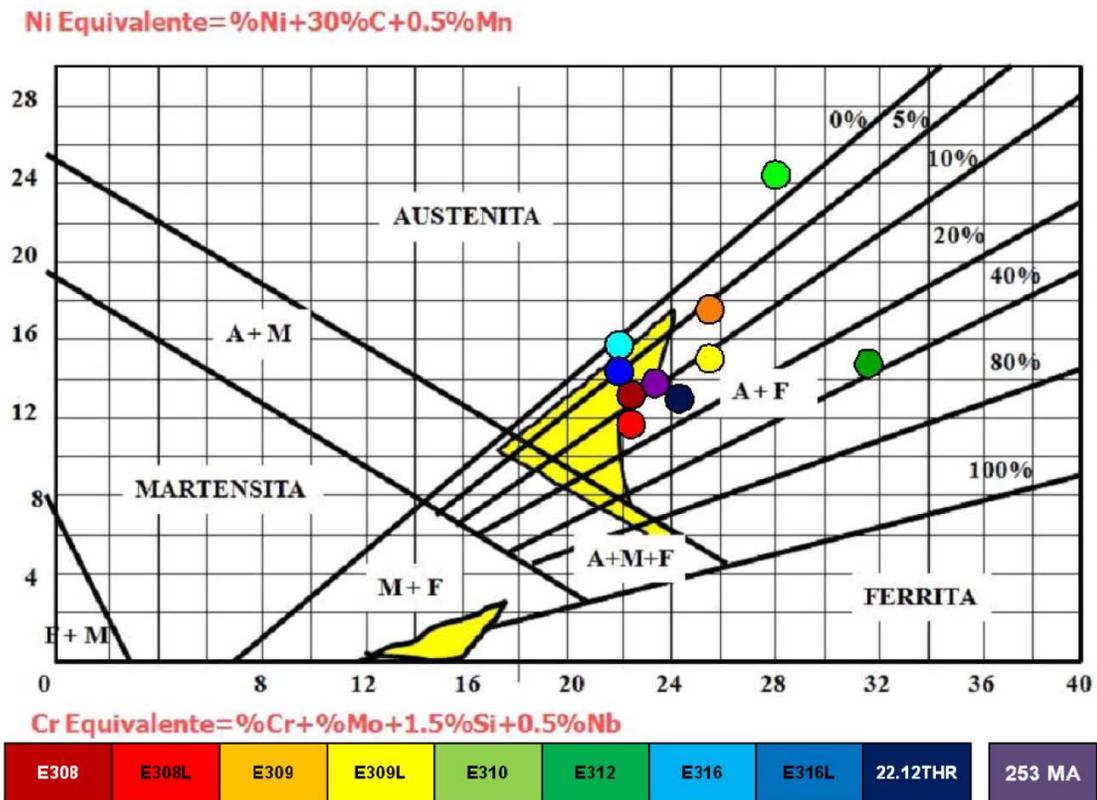


Figura 5: Deformaciones en el cuerpo de la Lanza

De guiarnos por las propiedades de los Aceros inoxidable y dadas las condiciones de trabajo lo ideal seria utilizar un material de aporte de calidad AISI 310 por su excelente resistencia a temperatura hasta 1200°C y a corrosión, tiene una contraparte si analizamos el diagrama la soldabilidad con el material base 253MA contraería problemas de fragilidad de Fase Sigma ocasionada entre 500 a 900°C, las condiciones de trabajo están cerca de estas temperaturas.

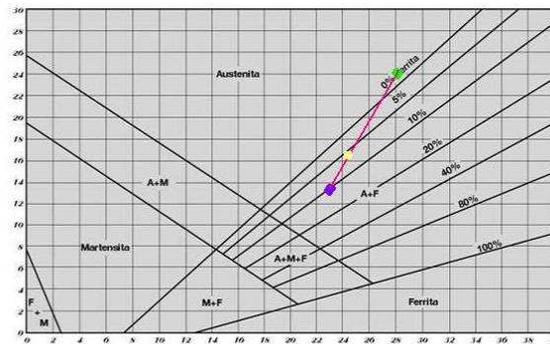


Figura 6: Cálculo de preedición de unión soldada entre materiales (E310-16 y 253 MA)

El segmento q será cambiado de manera permanente (1m. Sándwich 253MA) sufrirá desgaste por temperatura, esta asciende al rango correspondiente al del hierro fundido (1300°C a 1500°C). basándonos en la composición química, el tipo de material y las características del trabajo, el material de aporte apropiado para esta aplicación es:

5.1.1 PASE DE RAÍZ, PASE DE RELLENO Y ACABADO

Se recomienda utilizar un material de aporte que deposite Acero del tipo AISI 310 por ventajas, aporte, cuyo depósito es 100% austenítico, los altos contenidos de Cr/Ni (25/20%) permiten obtener depósitos de alta resistencia al calor hasta 1 200 °C, a la fricción, impacto, corrosión y oxidación en cualquier tipo de acero aleado, los altos contenidos de Cr/Ni, le confieren compatibilidad con aceros de cualquier tipo, especialmente los ferríticos y martensíticos, alta resistencia mecánica, fácilmente maquinable

5.2 JUNTA (B) 253MA / AISI 316 L.

Estas juntas están comprendidas de 2 tipos de materiales bases Sándwich_253_MA y AISC 316L; los esfuerzos a los que están sometidos estos metales son de menor valor con respecto al de la PUNTA. Calculando el metal de aporte idóneo mediante el diagrama de Shaeffler:

5.2.1 PASE DE RAÍZ, PASE DE RELLENO Y ACABADO

Se recomienda utilizar un material de aporte que deposite Acero del tipo AISI 316 , como se puede apreciar en el diagrama la predicción de la unión se encuentra en zona sana libre de problemas de fisuración en caliente, frío o fase sigma además presenta ventajas por los bajos tenores de carbono (0,03%) en los depósitos disminuyen la precipitación de carburos, su estructura es austeno-ferrítica, con lo que mejora la resistencia a la fisuración en caliente en los depósitos, destinados a juntas de aceros AISI 316L, 317L, 318L entre si y con Ac. De bajo carbono, para fabricar recipientes, ductos o tuberías que están expuestos a oxidación y/o temperatura, usado como base para aplicar cierto tipo de recubrimientos protectores.

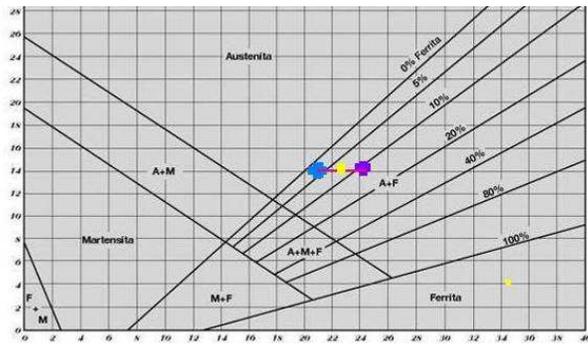


Figura 7: Cálculo de predicción de unión soldada entre materiales (E316 -16y 253 MA)

5.3 JUNTA (C) AISI 316 L / SAE 1025.

Para analizar la soldabilidad por el diagrama de schaeffler de la composición química del acero SAE 1025 obtenemos (Cr equi y Ni equi) son 0 y 4.4 respectivamente, tóme en cuenta que para graficar en el diagrama de Schaeffler n acero al Carbono hay que tomar en cuenta una descarbonización del 50%.

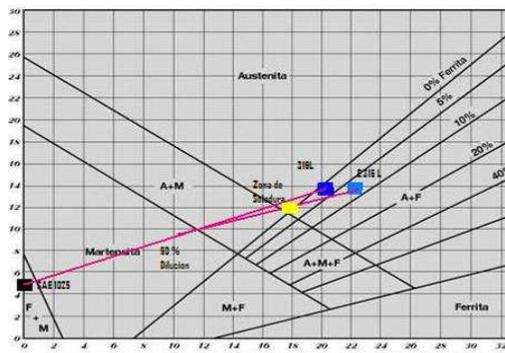


Figura 8: Cálculo de predicción de unión soldada entre materiales (E316 -316-SAE 1025)

Analizando con el material de aporte del tipo 316 L, es el mas adecuado la predicción de la unión se encuentra en zona sana libre y no existe riesgo de fisuración por fase sigma, fisuración en caliente y fisuración en frío, recordemos que para soldar aceros inoxidable tenemos problemas del tipo metalúrgico; muchos grados de acero inoxidable austenítico, especialmente los tipos 301, 302, 304, 308, 316 y 317, están sujetos a precipitación de carburos, si el material se mantiene entre 427 y 871°C. El grado de la precipitación de carburos depende del tiempo de exposición en el rango de la temperatura antes indicada y del tipo específico de los aceros inoxidable austeníticos de que se trata. La precipitación de carburos y la resultante pérdida de resistencia a la corrosión pueden ocurrir en el material base, en la zona afectada por el calor, en el deposito de soldadura o en todas estas áreas, como consecuencia de la aparición de zonas empobrecidas en cromo por debajo del nivel crítico -menos de 12% de cromo- de resistencia a la corrosión. La precipitación de carburos se convierte en problema, cuando el medio corrosivo ataca selectivamente las zonas empobrecidas en cromo, localizándose en los límites de grano.

6. PROCESOS RECOMENDADOS.

Siendo el diámetro de la lanza es de 18” y de espesor 1/2”

6.1 PROCESO SMAW.

El calor necesario para la lograr la fusión de los componentes se obtiene de un arco eléctrico formado entre un electrodo recubierto, en forma de varilla, y la pieza de trabajo.

6.1.1 VENTAJAS

El equipo es relativamente simple, portátil y económico, la protección del metal de aporte y del charco de soldadura está incluida en el electrodo revestido, no requiere del suministro externo de un gas de protección o fundente granular, es menos sensible a las corrientes de aire que los procesos que requieren de protección con gas, puede ser utilizado en áreas de acceso limitado, para la mayoría de las aleaciones comerciales existe disponibilidad de electrodos.

6.1.2 LIMITACIONES

El operador requiere de una mayor habilidad que en los procesos de alambre, la aplicación es más lenta que los procesos de alambre, se requiere de mayor tiempo de limpieza para los cordones, el electrodo revestido tiene la eficiencia más baja.

6.1.3 MATERIALES DE APORTE RECOMENDADOS

Junta A : **INOX CW** Especificación AWS A 5. Clasificación E 310-16.

Tabla 8: Composición química material de aporte Inox CW

C	Mn	Si	Cr	Ni
0,1	2,5	0,5	25	20

Juntas B y C: **INOX BW** Especificación AWS A 5.4 Clasificación E 316L-16

Tabla 9: Composición química material de aporte Inox BW

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
0.03	0.8	0.7	17-0-20.0	12.0-14.0	2.5

Tipo de junta

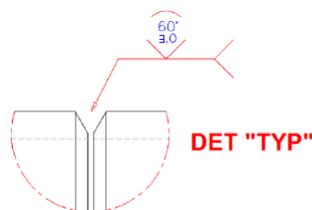


Figura 9: Preparación de la junta para proceso SMAW

6.2 PROCESO COMBINADO GTAW-FCAW .

6.2.1 VENTAJAS

Al combinar ambos procesos de soldadura obtenemos buena fusión y limpieza en la raíz con el proceso GTAW y velocidad de deposición en los pases de relleno y acabado con el proceso FCAW además este puede automatizarse ambos procesos

6.2.2 LIMITACIONES

La demora que genera el pase de raíz con el proceso GTAW sigue siendo un problema, ya que se combina dos procesos el Soldador debe tener capacitación en ambos procesos o de lo contrario la junta puede ser realizada por dos Soldadores, cada uno con habilidad para uno proceso de soldadura citados en esta opción.

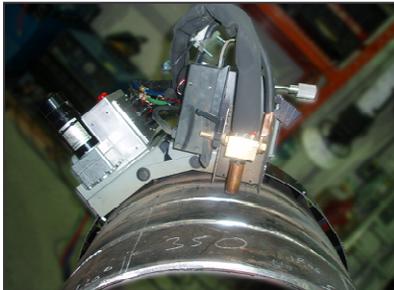


Figura 10: Preparación de la junta para proceso SMAW

7. PREPARADO DEL MATERIAL BASE

Es necesario cortar las partes a reparar para se cambiadas y corregir deformaciones, también preparar la junta con el Angulo de bisel adecuado, se recomienda hacerlo con maquinas de corte por plasma, presentan ventajas como mayor velocidad de corte, menor calentamiento de la zona cortada, menor contaminación de la zona cortada mejor acabado de la superficie del corte.

8. CONCLUSIONES

- Para la reparación se requiere personal con habilidad para desarrollar los procesos de soldadura citados.
- El uso del diagrama de Shaeffler es de suma importancia para la elección adecuada de material de aporte.
- Conocer y analizar los factores de desgaste a los que esta sometido una pieza es el punto de partida para desarrollar un procedimiento de reparación exitoso.
- Las uniones soldadas tienen que soportar el peso de las partes de la lanza evitando que se desprendan las altas temperaturas

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito