

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Elaboración de la aleación ASTM A-560 para
temperaturas elevadas y atmósferas ricas en
azufre”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Juan Carlos Güisamano Lasso

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

A todas las personas
que de una u otra
manera colaboraron en
la realización de este
trabajo y especialmente
al Ing. Ignacio Wiesner,
Director de Tesis, por
su invaluable guía y
colaboración.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

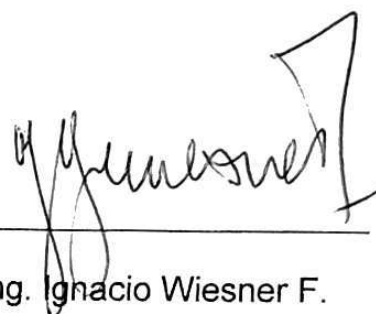
A MI FAMILIA

A FRANZISKA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
Decano de la FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Julián Peña E.
VOCAL

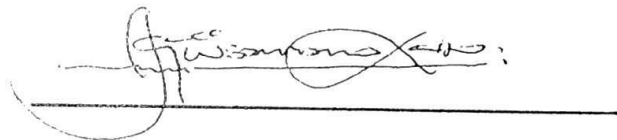


Ing. Clotario Tapia B.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Carlos Güisamano Lasso', is written over a horizontal line.

Juan Carlos Güisamano Lasso

RESUMEN

El ámbito del presente trabajo, se centró en uno de los retos al que se enfrenta la Ingeniería de Materiales dentro del campo de la Metalurgia, que es la obtención de aleaciones metálicas que son útiles en aplicaciones prácticas como las condiciones: de temperatura extrema y ambientes altamente corrosivos.

El primer problema que fue solventado estaba vinculado a las características propias de la metalurgia de la aleación propuesta (ASTM A-560), la cual debido a sus propiedades específicas son ideales para resistir a los ataques corrosivos del azufre y el proceso de fluencia lenta (creep), por lo que su uso característico se encuentra en la industria petroquímica, en la construcción de partes en los hornos usados en las refinerías.

INTRAMET proporcionó el equipo de fusión que permitió realizar pruebas del proceso de fusión de la aleación ASTM A-560. En las mismas que se fundió acero inoxidable ASTM 304, y que sirvieron para ajustar las condiciones de operación del horno experimental con 100 g. de capacidad de fusión, luego se procedió a fundir cromo y níquel puros, hasta llegar a la composición normalizada del ASTM A-560, la calibración de la operación del horno permitió hacer coladas en menos de diez minutos.

Los análisis de las pruebas de fusión fueron realizadas por medio de los métodos de absorción atómica y rayos X, el primero de los métodos se efectuó en dos universidades diferentes (ESPOL y EPN) y el segundo método se pudo aplicar con la ayuda de la Refinería Estatal de Esmeraldas, dando como resultado la composición química muy cercana a la exigida por la norma.

Se realizaron 17 coladas durante la experimentación y es importante mencionar que la mayor dificultad que se encontró fue tener un resultado confiable de los análisis químicos, lo cual fue resuelto cuando se aplicaron los ensayos directamente en el laboratorio de materiales de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. METALURGÍA DE LA ALEACIÓN.....	3
1.1. Ambientes corrosivos a temperaturas elevadas.....	3
1.2. Química de la zona de combustión rica en Azufre.....	28

1.3. Características tecnológicas de los materiales para hornos de refinerías.....	36
1.4. Materiales normalizados resistentes a la corrosión y a la fluencia lenta (creep).....	41
1.5. Normalización ASTM A-560.....	47

CAPÍTULO 2

2. TRABAJO EXPERIMENTAL.....	54
2.1. Procedimiento Experimental.....	54
2.2. Construcción de Equipo para fusión.....	57
2.3. Coladas de Prueba para fusión de materias primas.....	64
2.4. Evaluación Metalúrgica de Coladas de Prueba con Patrón de Calidad.....	67
2.4.1. Control de composición química de muestras.....	74
2.4.2. Análisis de datos.....	76
2.5. Coladas de Aleación Normalizada.....	77

CAPÍTULO 3

3. EVALUACION DE LA ALEACIÓN ASTM A-560.....	89
3.1. Evaluación Metalúrgica.....	89
3.2. Evaluación Tecnológica.....	94

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....97

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

Amp.	Amperio
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society Testing Materials
ASM	American Society for Metals
atm.	Atmósfera
g.	Gramo
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
mm	milímetro
pulg.	Pulgada
ppm	Parte por millón
s	Segundos
SAE	Society of Automotive Engineers
UNS	Unified Numbering System

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Diagrama de Temperatura relacionado con el esfuerzo de fluencia para varios metales.....	5
Figura 1.2. Esfuerzos producidos por rupturas a las 100 horas, para varias aleaciones.....	8
Figura 1.3. Temperaturas de máximo servicio para varios materiales resistentes a la fluencia lenta.....	9
Figura 1.4. Capacidades de relativa oxidación/esfuerzos de ruptura de varios sistemas de aleaciones.....	9
Figura 1.5. Temperatura de trabajo de superaleaciones con su año aproximado de introducción.....	13
Figura 1.6. Efecto de la temperatura sobre la resistencia y la ductilidad de varios materiales.....	16
Figura 1.7. Efecto del tiempo de exposición y temperatura sobre las propiedades de tensión de la aleación de aluminio 2024-T4, naturalmente envejecida.....	18

Figura 1.8. Fluencia lenta de baja y alta temperatura bajo esfuerzos constantes.....	21
Figura 1.9. Fluencia lenta a temperaturas elevadas en un material como una función de esfuerzos.....	23
Figura 1.10. Diagrama de estabilidad de un sistema Cr-S-O a 870°C (1600°F).....	35
Figura 1.11. Elementos aleantes usados en las superaleaciones de base níquel, beneficios y su ubicación en la tabla periódica.....	39
Figura 1.12. Porcentaje de metal desgastado a temperatura de gases de 760 a 920°C (1400-1700°F) para gasolinas con contenido de vanadio sobre los 300 ppm.....	48
Figura 1.13 Los ensayos de oxidación cíclica a 980°C (1800°F) sobre muestras calentadas con Na ₂ SO ₄ . Cada ciclo fue de 15 minutos de calentamiento y 5 minutos de enfriamiento. Las especies fueron recalentadas en 65 horas de intervalo.....	49
Figura 2.1. Guía metodológica experimental.....	56
Figura 2.2. Horno de grafito maquinado.....	58
Figura 2.3. Conector de cobre para acople a fuente.....	59
Figura 2.4. Curva de voltios-amperios, de máquina soldadora.....	60
Figura 2.5. Fisuras en el microhorno luego de 17 fusiones.....	62
Figura 2.6. Proceso de revestimiento de fibra cerámica al microhorno de fusión.....	63
Figura 2.7. Primer ensayo del microhorno de fusión.....	65
Figura 2.8. Colada de prueba N° 2.....	66
Figura 2.9. Muestra patrón de calidad.....	69
Figura 2.10. Metalografías para la aleación 50%Cr-50%Ni	70

Figura 2.11. Metalografías de muestra de patrón de calidad.....	73
Figura 2.12. Operación de analizador óptico por radiación, NILTON xLi, portable XRF.....	77
Figura 2.13. Colada normalizada Nó 3.....	81
Figura 2.14. Colada normalizada Nó 4.....	81
Figura 2.15. Colada normalizada Nó 5.....	82
Figura 2.16. Colada normalizada Nó 6.....	82
Figura 2.17. Colada normalizada Nó 7.....	83
Figura 2.18. Análisis de composición química de la colada normalizada Nó 7.....	86
Figura 2.19. Ataque electroquímico y observación de la colada normalizada Nó 7.....	87
Figura 2.20. Metalografía de colada normalizada Nó 7.....	88
Figura 3.1. Proceso de fundición de muestra normalizada ASTM A560.....	89
Figura 3.2. Diagrama de fase de la aleación ASTM A560.....	92
Figura 3.3. Muestra de material fallado por sulfurización, Refinería Estatal de Esmeraldas.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Etapas de la fluencia lenta.....	22
Tabla 2: Nivel de daño de fluencia lenta.....	28
Tabla 3: Tipos de corrosión en procesos industriales.....	30
Tabla 4: Composición nominal y comercial de aleaciones usadas en la industria petroquímica.....	42
Tabla 5: Datos de cambio de masa in H ₂ - 45%CO ₂ - 1%H ₂ S para selección de aleaciones a 820°C, prueba de duración de 1000 horas.....	43
Tabla 6: Datos de cambio de masa en 2%SO ₂ -5%H ₂ O, para aleaciones seleccionadas a 700°C, 850°C y 1000°C, prueba de duración de 1000 horas.....	45
Tabla7: Tasas de corrosión isotérmica de aleaciones con incremento de níquel y variación de otros elementos en H ₂ - 1.5% H ₂ S, a 730°C, prueba de duración 96 horas.....	46
Tabla 8: Tasas de corrosión isotérmica de aleaciones con incremento de níquel y variación de otros elementos de cromo en H ₂ - 0.5% H ₂ S a 260°C y 370°C, basado en pruebas de duración de 3000 horas y para H ₂ - 2% H ₂ S a 480°C sobre las 4000 horas.....	47

Tabla 9: Diferencias de composiciones en estándares para aleaciones...	50
Tabla 10: Esfuerzo de ruptura, en función de la temperatura.....	52
Tabla 11: Especificaciones técnicas de máquina de soldar.....	60
Tabla 12: Selección de electrodos de carbono.....	61
Tabla 13: Composición de colada de prueba Nó 2.....	67
Tabla 14: Composición del patrón de calidad.....	68
Tabla 15: Composición de electrodos de níquel usados como materia prima de las coladas normalizadas.....	79
Tabla 16: Resultados del análisis de la composición de las coladas normalizadas, método de absorción química (AQ) y método óptico por radiación (OR).....	85

BIBLIOGRAFIA

1. ASM INTERNATIONAL, "Handbook of Comparative World Steel Standards", DS67A 2nd Edition, John E. Bringas, Editor, 2002.
2. ASM INTERNATIONAL, "Handbook Volumen 9, Metallography and Microstructures", (1992).
3. ASM INTERNATIONAL, "Heat Resistant Materials", Edición Especial, Edition J. R. Davis, Editor, (1997)
4. ASM, "Metallurgy, processing and properties of superalloys" Heat Resistant Materials pp 5-69, 219-254, ASM Materials Park Ohio (1997).
5. ATXAGA G, ERAUZKIN E. E IRISARRI A. M. "Análisis microestructural de dos superaleaciones base níquel moldeadas" 1ª Jornada de Metalografía. San Sebastián, Marzo (2000).

6. BOYER E., "Atlas of Creep and Stress Rupture Curves", ASM International, (1988).
7. DOUGLAS SKOOG AND JAMES LEARY, "Análisis Instrumental", Cuarta edición Mc Graw Hill, (1994).
8. DURAND-CHARRE MADELEINE, "The microstructure of superalloys", CRC Press,(1998).
9. FATTORI H. Y GUTTMANN V. "Creep studies of intermetallic alloys" The Materials Challenge, Norton (1994).
10. IRISARRI A. M. "Cinética del envejecimiento de algunas aleaciones del sistema Ni – Al a temperaturas elevadas" Tesis Doctoral. E. S. Ingenieros Industriales, San Sebastián (1980).
11. VISWANATHAN R. Damage Mechanisms and Life Assessment of High Temperature Components. ASM International. Materials Park Ohio (1989)
12. WILLARD, H., MERRIT, "Métodos instrumentales de análisis", Grupo Editorial Iberoamericana, Mexico, (1991).

APÉNDICES

Apéndice A: Norma ASTM A-560

Apéndice B: Suplemento de Pruebas Especiales ASTM A-560

Apéndice C: Cartilla Técnica IN-657

Apéndice D: Especificaciones INCOCLAD 671 (INCONEL)

Apéndice E: Especificaciones Máquina de Soldar INFRA

Apéndice F: Especificaciones Fibra Cerámica

Apéndice G: Standard Metals Designations

Apéndice H: Especificaciones Analizador NILTON, XRF, xLi

Apéndice I: Resultados de Análisis Químico EPN

Apéndice J: Refinería Estatal de Esmeraldas, Informe Técnico de material IN-657 (A560). Agosto-2009.

Apéndice K: Refinería Estatal de Esmeraldas, Informe Técnico de material ASTM A560. Febrero-2009.

INTRODUCCIÓN

La ESPOL desde el año 2000, comenzó a desarrollar aleaciones especiales para satisfacer las necesidades del sector de la industria petroquímica ecuatoriana, históricamente la primera aleación ferrosa fue el acero inoxidable con especificación ASTM 297-HH que se requería para la construcción de hornos con quemadores de combustión de fuel oil. Posteriormente con la adquisición del horno de inducción magnética se fue progresivamente aumentando el número de aleaciones de uso industrial, tal es así que en la actualidad se fabrican partes de aleaciones: cobre-berilo, cobre-cromo, cobre-aluminio, cobre-manganeso; aleaciones de aluminio envejecible artificialmente como la especificación ASTM 713.0 de uso naval y de aplicaciones criogénicas tales como el ASTM 5083 y 5086; aleaciones de zinc de alto contenido de aluminio y alta resistencia mecánica ILZRO 12 e ILZRO 27, que remplazan a las fundiciones de hierro para partes de alta complejibilidad de forma.

Las denominadas “superaleaciones” también son fundidas es INTRAMET para fabricar partes de hornos de refinerías en las zonas de mayor severidad

ambiental, esto significa temperaturas de alrededor de 1000°C, y atmósferas ricas en azufre y vanadio que son generados por la combustión de aceites combustibles pesados, que poseen altos contenidos de estos elementos.

Actualmente INTRAMET, se encuentra desarrollando métodos de trabajo para producir aleaciones de alto contenido de níquel y cromo, tal es el caso de la aleación ASTM A-560 (50%Ni-50%Cr), que tiene un excelente rendimiento en las condiciones citadas, además de contar con una alta resistencia a la fluencia lenta, que es una condición indispensable para las aleaciones que trabajan a altas temperaturas.

En la presente tesis de grado se hacen las primeras experiencias de laboratorio para la obtención de esta aleación, partiendo de metales puros, tal como el cromo en polvo usado en la industria de fabricación de electrodos, adquiridos a la empresa AGA, y el níquel usado en la producción de electrodos para uso en soldadura de hierro gris. El uso de equipo experimental para microfusiones por arco eléctrico, constituye un logro importante en el campo de la simulación de fusiones proporcionando alta calidad de la colada a un costo muy bajo.

CAPÍTULO 1

1. METALURGIA DE LA ALEACIÓN

1.1. Ambientes corrosivos a temperaturas elevadas

Las aleaciones resistentes a las altas temperaturas regularmente se refieren a materiales que se les proporcionan resistencia a la fluencia, resistencia al medio ambiente agresivo, y estabilidad entre un rango de temperatura de 260 y 1200°C, los que son usados generalmente en presencia de gases de combustión en fuentes de calor, tales como motores de turbinas, motores reciprocantes, plantas de poder, hornos y equipos de control de polución. Es imperativo que estos materiales puedan retener sus propiedades a bajo estas condiciones, y que sus

microestructuras permanezcan estables en tales condiciones de operación.

Durante las últimas décadas se alcanzó una mayor comprensión de los efectos aleantes, avances en la tecnología de la fusión y el desarrollo de procesos termomecánicos han determinado el mejoramiento de las aleaciones resistentes a altas temperaturas. Dadas estas condiciones, se empezó a procesar aleaciones con suficientes cantidades de cromo (con o sin adiciones de aluminio o silicio) en forma de óxidos protectores (Cr_2O_3 , Al_2O_3 y SiO_2) los cuales proveen de protección a la degradación provocada por las condiciones severas, alta temperatura y corrosividad. Por otro lado, los óxidos no pueden proteger contra las fallas por fluencia lenta, fatiga mecánica o térmica, o fragilización. En servicio, las fallas de un componente metálico son generalmente causadas por la combinación de dos o más modos de ataque, los cuales aceleran sinérgicamente la degradación.

El presente trabajo, brevemente revisa las características de varios materiales de ingeniería. Aunque se va a poner énfasis en las más usadas comúnmente, que corresponden a ciertos tipos de aceros inoxidables, aleaciones de cromo y superaleaciones de metales de

baja densidad (aleaciones de titanio-aluminio y base de magnesio), aleaciones de materiales refractarios, intermetálicos y cerámicos de las aleaciones usadas. Los datos de propiedades para altas temperaturas, son presentados y comparados para dar a entender claramente la clasificación de este grupo de aleaciones, como se puede apreciar en la **figura 1.1**.

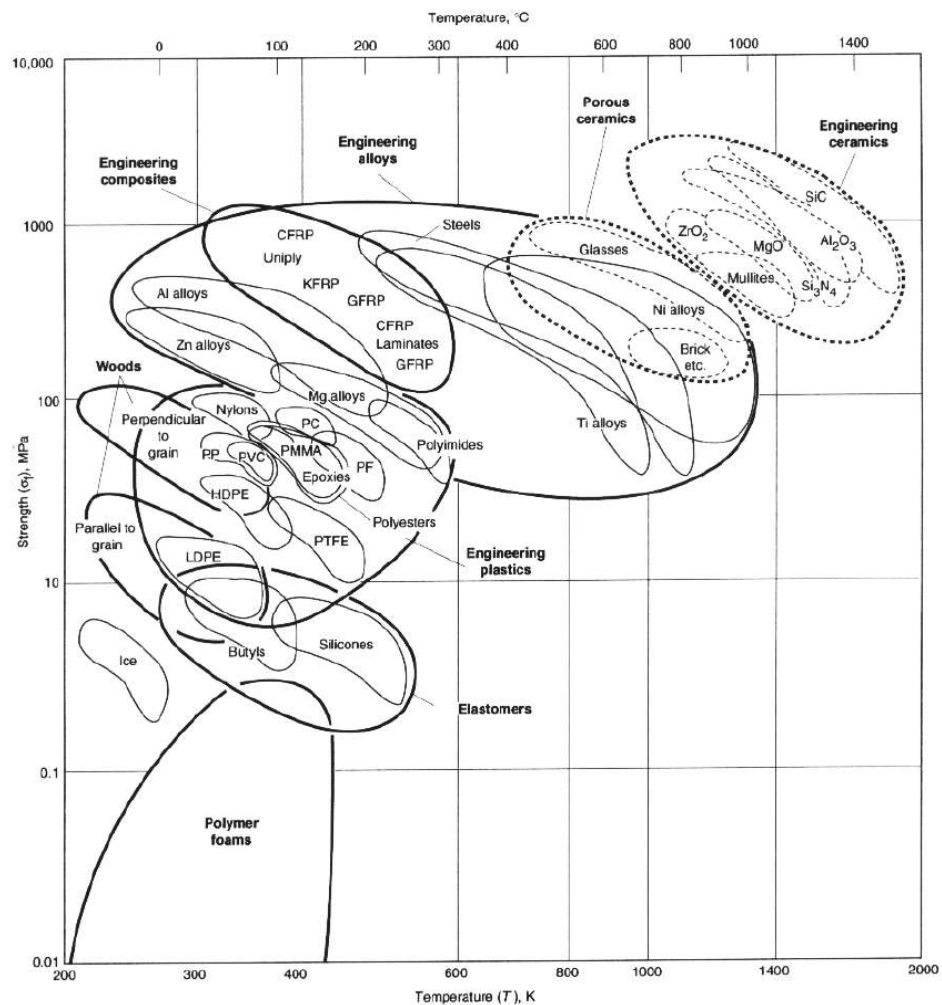


FIGURA 1.1. DIAGRAMA DE TEMPERATURA RELACIONADO CON EL ESFUERZO DE FLUENCIA PARA VARIOS METALES. (FUENTE: REF. 3)

Aceros Inoxidables y Superalaciones: Cuando la severidad del medio ambiente en el servicio impide el uso de fundiciones de hierro, aceros al carbono o aceros de baja aleación, es cuando los materiales de alta aleación tales como aceros inoxidables y superaleaciones deben ser considerados. Algunas superaleaciones, particularmente las que están basadas en el sistema austenítico Fe-Ni-Cr, desarrollados a partir de la tecnología de los aceros inoxidables, de hecho, algunos aceros inoxidables son también considerados superaleaciones en base hierro. Como ejemplos se incluyen el A-286 (UNS 566286), que es un acero inoxidable por precipitación austenítica, y el 19-9-DL (UNS S63198), que también es un acero inoxidable austenítico, de manera similar se considera a los aceros inoxidables bajo la norma ASTM 297 ó ASTM A447, que son equivalentes, cuyos contenidos de cromo fluctúan entre el 26 al 40%, y el níquel se considera en la misma norma entre el 8 y 30% de la composición.

Generalmente, como siempre, los aceros inoxidables pueden ser diferenciados por su contenido de aleación. Por ejemplo, comparando el análisis de aceros inoxidables de tipo 304 con aleaciones Waspaloy (UNS N07001), una aleación de alta temperatura con precipitación de dureza en base a níquel. El Tipo 304 incluye carbono, manganeso,

silicio, cromo y níquel. La aleación Waspaloy, en adición a estos elementos, incluye molibdeno, cobalto, titanio, zirconio, aluminio y boro. Estos elementos adicionales en correcta combinación transmitida a la aleación Waspaloy, la hacen considerablemente fuerte y resistente a la corrosión en temperaturas superiores a los 870°C (1600°F).

Superalaleaciones: Las superaleaciones son aleaciones de níquel, hierro-níquel y base de cobalto, usadas generalmente cercanas a 540°C (1000°F). Las superaleaciones basadas en hierro-níquel son una extensión de la tecnología de aceros inoxidable y generalmente son procesados, por lo tanto las superaleaciones basadas en níquel y cobalto pueden ser maquinadas o fundidas, dependiendo de la aplicación involucrada. Las composiciones apropiadas de todas las superaleaciones de base metálica deben ser forjadas, roladas en láminas, o de lo contrario ser moldeadas dentro de una variedad de chapas. En cambio la mayoría de las aleaciones de altas composiciones normalizadas son procesadas por medio del moldeo por fundición.

Las propiedades pueden ser controladas como ajustes en su composición y por procesos (incluyendo tratamientos térmicos), y

resultados excelentes en esfuerzos a temperaturas elevadas son alcanzados para productos acabados. En las **Figuras 1.2., 1.3. y 1.4.**, se ilustra las excelentes características a elevadas temperaturas de las superaleaciones. Algunas superaleaciones, particularmente aleaciones fundidas de base níquel, pueden ser usadas a temperaturas que son aproximadamente 85% de su incipiente punto de fusión. Tales aleaciones exhiben un sobresaliente “creep” (fluencia lenta) y propiedades de esfuerzo-ruptura en temperaturas en exceso de 1040°C (1900°F). La resistencia a la oxidación de la mayoría de las superaleaciones es excelente a temperaturas moderadas cercanas a 870°C (1600°F) y por debajo. Algunas aleaciones pueden ser usadas a temperaturas sobre los 1200°C (2200°F). Los revestimientos pueden mejorar más allá de las temperaturas de resistencia a la corrosión.

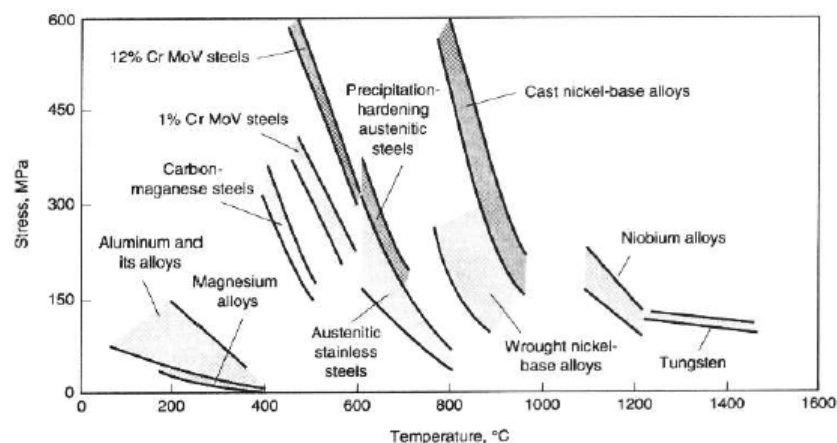


FIGURA 1.2. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR RUPTURAS A LAS 100 HORAS, PARA VARIAS ALEACIONES. (FUENTE: REF. 3)

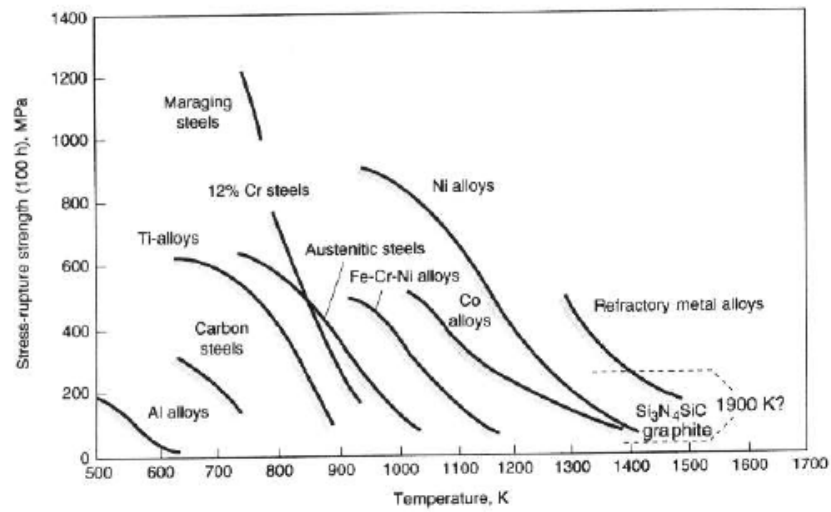


FIGURA 1.3. TEMPERATURAS DE MÁXIMO SERVICIO PARA VARIOS MATERIALES RESISTENTES A LA FLUENCIA LENTA. (FUENTE: REF. 3)

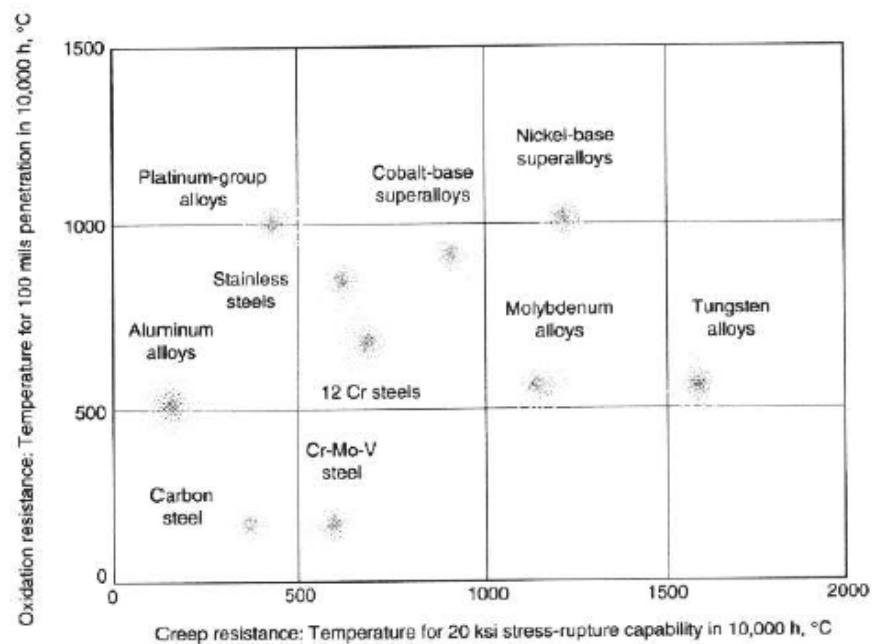


FIGURA 1.4. CAPACIDADES DE RELATIVA OXIDACIÓN/ESFUERZOS DE RUPTURA DE VARIOS SISTEMAS DE ALEACIONES. (FUENTE: REF. 3)

Desarrollo de Superalaciones: las superaleaciones de base níquel fueron creadas a principios del siglo pasado, en primera instancia como aleaciones con adición de 20% en peso de Cromo y alrededor de 80% en peso de Níquel, para elementos de calentamiento eléctrico. Después de 1920, pequeñas cantidades de Aluminio y Titanio, fueron añadidas a las aleaciones 80Ni-20Cr, con una significativa ganancia a la resistencia a fluencia lenta y elevadas temperaturas. Eso pronto se puso de manifiesto, así el hierro y las aleaciones de Cobalto, pudieron ser efectivamente fortalecidas con adición de soluciones sólidas, mientras las aleaciones de níquel fortalecidas por consecuente fase γ' . Concurrentemente a esas adiciones, el carbono presente en las aleaciones fue identificado como que tienen un efecto de fortalecimiento cuando son combinados con otros elementos aleantes en la forma de carburos M_6C y $M_{23}C_6$. Otras elementos afinadores de grano, tales como el Boro y el Zirconio son añadidos a materiales policristalinos para preservar esta condición, que es importante para mejorar las características de resistencia a la fluencia lenta.

Heraeus Vacuumschmelzen A.G. inscribió una patente para una aleación Níquel-Cromo que contenía 15% de Wolframio y 12% de Molibdeno, con lo cual introdujeron los materiales refractarios dentro

de las superaleaciones. El propósito de añadir materiales refractarios fue el de incrementar la resistencia mecánica a las altas temperaturas de las aleaciones de base níquel. Por 1930, hubieron dos “aleaciones resistentes a altas temperaturas” con base de hierro, que contenían algo de adiciones de Tungsteno (después denominado Wolframio) o Molibdeno, y el uso de esos dos metales fue ampliamente aceptado en aleaciones de base Cobalto. A principios de 1950 las aleaciones que contenían cerca del 5% en peso de Molibdeno fueron introducidos en los Estados Unidos. La explotación comercial de las adiciones de Molibdeno tomó lugar en 1955. Una fundición con contenido de 2% de Niobio estuvo disponible a finales de 1950. En los años 1960, también se usó el Tungsteno (después denominado Wolframio) y Tantalio como aleantes sugeridos para aleaciones con base Níquel. La demostración de la efectividad de las adiciones de Renio en aleaciones de base Níquel ocurrió pasado el año de 1960.

Finalmente, también pasado los años sesenta, adiciones de Hafnio fueron halladas para estabilizar y fortalecer las estructuras evitando el crecimiento de grano. La **figura 1.5.**, traza el desarrollo de las superaleaciones desde 1940 hasta 1990.

Sistemas de Superalaciones: como ya se declaró, las superaleaciones pueden dividirse en tres tipos: hierro-níquel, níquel y base de cobalto. Cada uno de estos es brevemente revisado mas adelante.

La más importante clase de superaleaciones de base hierro-níquel, que incluye aleaciones que son reforzados con precipitaciones de componentes intermetálicos en una matriz cúbica de caras centradas (face centered cubic) FCC o comúnmente llamada fase γ o austenita, que representa la solución sólida de carbono en hierro con una estructura cristalina de caras centradas y que se presentan en la aleación A-286, V-57 o INCOLOY 901, aunque también se presentan precipitaciones gamma doble prima (γ'') tipificado por INCONEL 718. Otras superaleaciones de base hierro-níquel consistente primariamente de aceros inoxidable modificados, reforzadas por soluciones sólidas endurecidas. Las aleaciones en estas categorías varían desde 19-9DL (aceros 18%Cr-8%Ni con ligero contenido adicional de cromo y ajustes de níquel, además de adición en forma de disolución de endurecedores y alto contenido de carbono) hasta INOCOLOY 800H (21% de Cromo, alto contenido de níquel, y pequeñas adiciones de titanio y aluminio). Las superaleaciones de base níquel son usadas en condiciones severas.

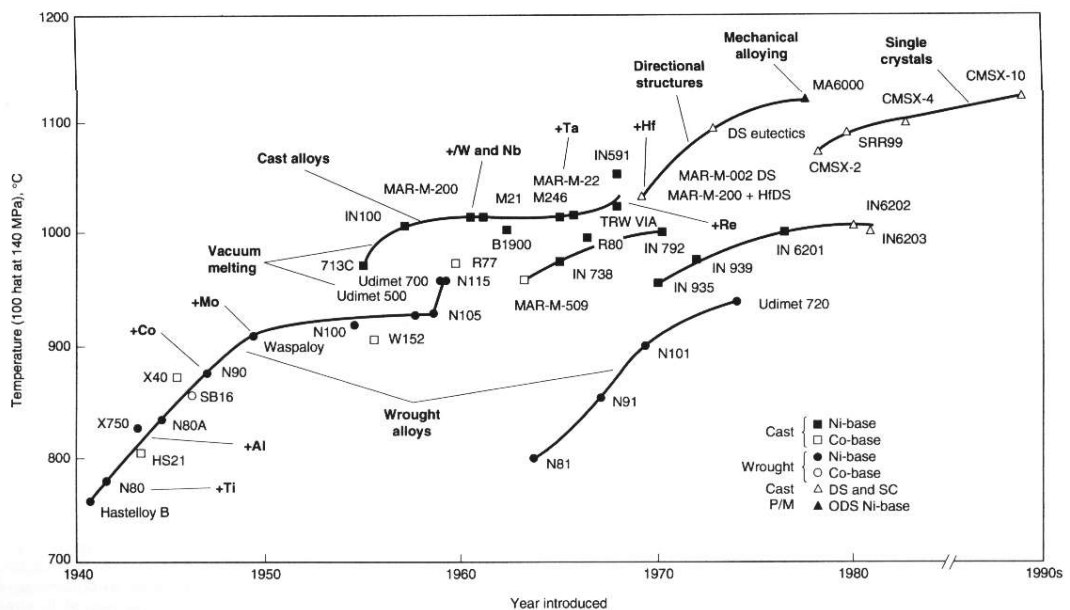


FIGURA 1.5. TEMPERATURA DE TRABAJO DE SUPERALEACIONES CON SU AÑO APROXIMADO DE INTRODUCCIÓN. FUENTE: REF. 3.

La más importante clase de superaleaciones de base Níquel, es que reforzada por precipitación de componentes intermetálicos en una matriz FCC, tipificado por Waspaloy o Udimet 700. Otra clase de superaleaciones base níquel es representada por Hastelloy X, la cual es esencialmente una solución sólida reforzada pero también derivada de algo de precipitación de carburos, producida a través de envejecimiento por trabajado mecánico. Una tercera clase incluye a las aleaciones fortalecidas con dispersión de óxido (ODS), tales como MA 754 y MA 6000, los cuales son reforzados por dispersiones de

partículas inertes, tales como ltrio y en algunos casos precipitaciones de γ' (MA 6000).

Las superaleaciones con base níquel son usadas en ambos casos para formas trabajadas y fundiciones, a través de procesos especiales (polvos metalúrgicos/ forjas isotérmicas) frecuentemente utilizadas para producir versiones maquinadas de la mayoría de composiciones altamente aleados (Udimet 700/ Astroloy, IN-100). Un aspecto adicional de las superaleaciones de base Níquel, ha sido la introducción de las técnicas de solidificación direccional (DS) y monocristales (SC). Como muestra la **figura 1.5.**, estas aleaciones exhiben las mejores propiedades para altas temperaturas.

Metales Refractarios: entre los metales refractarios se incluyen el Wolframio, Molibdeno, Niobio, Tantalio y Renio. Estos metales y sus aleaciones tienen unos elevados puntos de fusión que exceden los 2200°C (4000°F), los cuales son más altos que las de los aceros inoxidables o superaleaciones. Como se indica en las **figuras 1.2., 1.3. y 1.4.**, la resistencia a la fluencia lenta de algunos metales refractarios (Wolframio y Niobio) exceden al de las superaleaciones.

Propiedades Mecánicas a Temperaturas Elevadas: las propiedades mecánicas, son de alto interés para las aplicaciones en temperaturas elevadas, esto incluye las propiedades de resistencia a la tensión a temperaturas elevadas, fluencia lenta y altos ciclos de fatiga, fatiga termomecánica y térmica, e interacción entre fluencia lenta y la fatiga. Cada uno de estos comportamientos tiene su importancia específica, sin embargo se hará un énfasis focalizado sobre los principios asociados con la fluencia lenta y propiedades mecánicas tales como los esfuerzos de ruptura.

La influencia de temperatura sobre la resistencia de los materiales puede ser demostrado por los estándares vigentes, pruebas de tensión para corto tiempo en una serie de incrementos de temperatura. Tales pruebas son descritas en los estándares ASTM E8 y E21.

Comportamiento de Materiales: como se muestra en la **figura 1.6.**, los materiales generalmente se vuelven más débiles con los incrementos de temperatura: Sin embargo, aleaciones estables muestran un incrementado comportamiento a la ductibilidad mas allá de los materiales comunes de ingeniería, muchas veces en mayor medida. Tales discontinuidades en la ductibilidad con incremento de

temperatura, usualmente puede ser trazado como inestabilidades metalúrgicas.

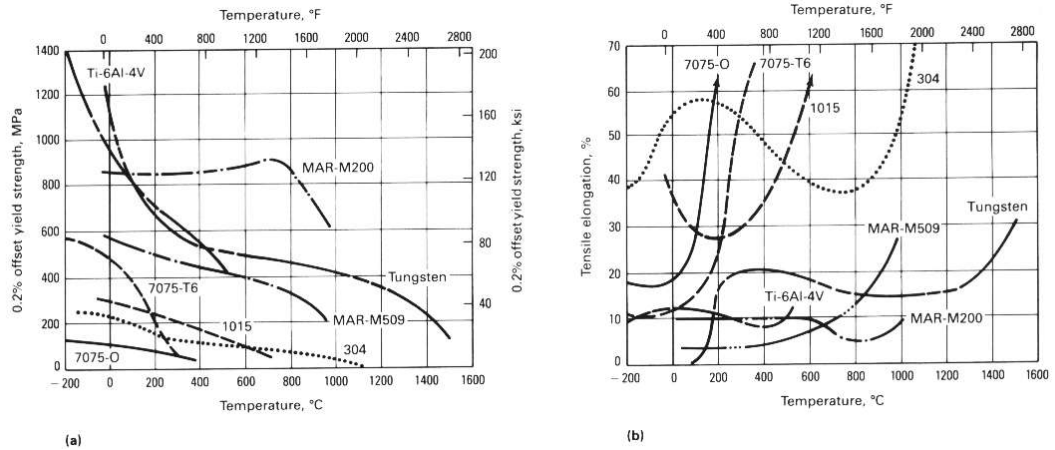


FIGURA 1.6. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA RESISTENCIA Y LA DUCTILIDAD DE VARIOS MATERIALES. (A) ESFUERZO DE FLUENCIA. (B) ELONGACIÓN DE TENSIÓN. FUENTE: REF.3.

Debido a las altas tasas de deformación relativa, usualmente dentro de $8.3\text{E-}5 \text{ s}^{-1}$ (0.5% /min) y $8.33\text{E-}4 \text{ s}^{-1}$ (5% /min), involucrados en ensayos de tensión, las deformaciones ocurren por deslizamiento (deslizamiento de dislocaciones a la largo de planos cristalográficos definidos). Así, los cambios en la resistencia y ductibilidad con temperatura generalmente pueden ser relacionadas a los efectos de la temperatura sobre las dislocaciones.

A altas temperaturas (entre 0.3 y 0.5 de temperatura homóloga), los procesos térmicamente activados tales como deslizamiento múltiple y deslizamiento cruzado permite que los altos esfuerzos locales sean modificados, y el esfuerzo vaya disminuyendo. La deformación bajo las condiciones de tensión es gobernada a alguna extensión por la estructura de cristal. Los materiales de estructura atómica cúbica de caras centradas (FCC), generalmente exhiben un cambio gradual en resistencia y ductibilidad con los cambios de temperatura. En materiales de estructura hexagonales cerradas y cúbicas de cuerpo centrado (BCC), pueden presentarse acordonamientos mecánicos durante el ensayo, como es de esperarse los acordonamientos por sí solos contribuyen en algo a la elongación total, ese es su rol primario, reorientar previamente sistemas de deslizamientos no favorables a las posiciones en las cuales ellos pueden ser activados.

Existen otros factores que pueden afectar el comportamiento de la tensión, y que como es de imaginar sus efectos específicos no pueden ser predecibles fácilmente. Por ejemplo, soluciones con endurecimiento por precipitación o envejecimiento (difusión controlada del crecimiento de partícula), los cuales pueden ocurrir durante el calentamiento previo al ensayo y durante el mismo. Esos

procesos pueden producir una amplia variedad de respuestas en el comportamiento mecánico dependiendo del tipo de material.

Hay excepciones a lo anteriormente expresado, particularmente en temperaturas elevadas. Por ejemplo, con a temperaturas suficientemente altas, las fronteras de grano en materiales policristalinos son mas débiles que los interiores, y las fracturas intergranulares ocurren con relativa baja elongación. En aleaciones complejas, la brevedad del calor en la cual una fase líquida se forma en las fronteras de granos, o una precipitación de la frontera de grano puede convertirse en bajos esfuerzos y/o ductibilidad.

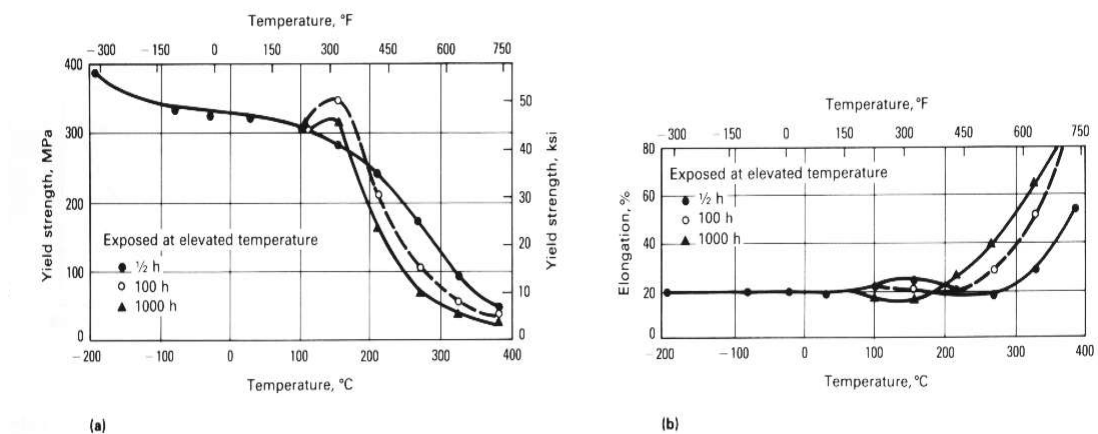


FIGURA 1.7. EFECTO DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN Y TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN DE LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 2024-T4, NATURALMENTE ENVEJECIDA. FUENTE: REF. 3.

Debido a que las aleaciones están sufriendo elevadas pruebas de tensión, serán en efecto analizadas con prioridad a la carga, cambios en microestructuras pueden ocurrir y producir un material que no tenga las características del patrón original. De modo que, el calentamiento muy lento o prolongado valida la temperatura que debería ser usada. La **figura 1.7.**, se ilustra la influencia del tiempo de validación sobre el esfuerzo de fluencia y ductibilidad de la precipitación reforzada de aleación de aluminio. A 150°C (300°F) se producen cambios de cantidad y distribución de las fases de refuerzo de tal manera que el fortalecimiento inicial corre. Esta fase está seguida por un debilitamiento, claramente, el material expuesto no es el mismo una vez que es usado rápidamente.

Efectos Medio Ambientales: el uso en el medioambiente puede también afectar las propiedades medidas inicialmente antes de la operación. Dado estas circunstancias, generalmente el uso en un tipo de atmosfera debería indicar la intencionalidad o el propósito del uso del material. Aunque el medio ambiente puede raramente ser una simulación completa de las condiciones de operación, esto debería producir los mismos efectos básicos y no debería introducir mecanismos de ataques externos. Por ejemplo, sería apropiado usar aleaciones resistentes a la oxidación en elevadas temperaturas con

aire; sin embargo en tales condiciones no pueden ser usadas para metales refractarios que padecen oxidación catastrófica.

Fluencia lenta y esfuerzo de ruptura: La fluencia lenta es la deformación lenta de un material bajo un esfuerzo que resulta dentro de un cambio permanente en su forma. Generalmente, la fluencia lenta es propia de tasas de deformación mas baja que 1.0% /min; las tasas más rápidas son usualmente asociadas con trabajos mecanizados (procesos tales como forja y laminación).

Los cambios de forma que surgen de fluencia lenta generalmente indeseables y pueden ser el factor limitante en la vida de una pieza. Por ejemplo, aletas de un motor giratorio en motores de turbina, lentamente crecen en longitud durante la operación y deben ser reemplazadas antes que toquen la caja.

No obstante la fluencia lenta puede ocurrir en alguna temperatura o solamente en temperaturas que exceden cerca de 0.4 del punto de fusión del material, es el máximo rango de efectos visibles ($T \geq 0.4 T_M$). A temperaturas mas bajas, la fluencia lenta es generalmente caracterizada por un acentuado decrecimiento de la tasa de deformación, mientras hay temperatura elevada, la fluencia lenta

usualmente procede a través de tres (3) distintos etapas y luego le sobreviene la falla.

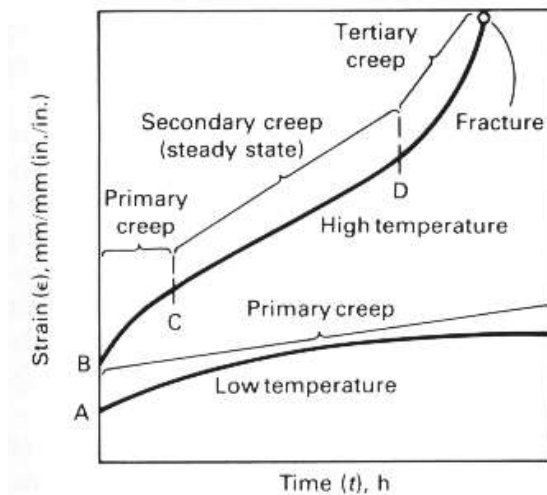


FIGURA 1.8. FLUENCIA LENTA DE BAJA Y ALTA TEMPERATURA BAJO ESFUERZOS CONSTANTES. FUENTE: REF. 3.

Una representación esquemática de la fluencia lenta en origen y su régimen son mostrados en la **figura 1.8**. En tiempo igual a 0, la carga es aplicada, lo cual produce una inmediata extensión elástica es más grande por ensayos a altas temperatura debido a los bajos módulos. Una vez sometido a carga, el material inicialmente se deforma en una tasa bastante rápida, pero en el tiempo siguiente, la tasa de deformación progresivamente se desacelera. Para bajas temperaturas, este tipo de comportamiento puede continuar indefinidamente. Para trabajos en altas temperaturas, como siempre en un régimen de

constante decrecimiento de la tasa de deformación (primera etapa de fluencia lenta) avanza a condiciones donde la tasa de deformación empieza independientemente del tiempo y el esfuerzo. Si bien una considerable deformación puede ocurrir bajo esas condiciones de estado permanente, eventualmente la tasa de deformación puede empezar a acelerarse con el tiempo, y el material entra terciariamente o en tercera etapa de fluencia lenta. La deformación en proceso se vuelve siempre más rápida hasta que el material no puede soportar por más tiempo el esfuerzo aplicado y la fractura es eminente. Con ϵ , t , y $\dot{\epsilon}$, representando deformación, tiempo y tasa de deformación respectivamente, el comportamiento general durante la fluencia lenta es descrito en la **Tabla 1**.

TABLA 1. ETAPAS DE LA FLUENCIA LENTA

ETAPA	TEMPERATURA	CARACTERISTICA
Primera	$T > 0.4 T_M$ $T \leq 0.4 T_M$	$\dot{\epsilon}$ decrece con t y ϵ incrementa
Secundaria (condiciones estables, SS)	$T \leq 0.4 T_M$	$\dot{\epsilon}$ es constante ($\dot{\epsilon}_{ss}$)
Tercera	$T \leq 0.4 T_M$	$\dot{\epsilon}$ se incrementa con t y ϵ se incrementa

En suma a la afectación de la temperatura, esfuerzos afectan a la fluencia lenta, como los mostrados en la **figura 1.9.**, en ambos regímenes de temperatura, el esfuerzo elástico de carga se

incrementa aplicando esfuerzo. A bajas temperaturas (a), esfuerzos muy altos (σ_4) cerca o anterior al esfuerzo último de tensión resulta en una rápida deformación y fractura en tiempo t_4 . Algunos esfuerzos que son más bajos (σ_3) puede resultar de un largo periodo de constante decremento de la tasa de deformación, seguida por una corta transición a una tasa de aceleramiento y falla en t_3 . Finalmente, a esfuerzos más bajos (σ_2 y σ_1) se aprecian un mayor decrecimiento de las tasas de fluencia lenta, donde σ_2 produce más esfuerzos elásticos y plásticos que σ_1 en el mismo periodo. El rango de esfuerzo sobre el cual se percibe cambio de comportamiento desde σ_4 hasta σ_2 es pequeño, y la fractura bajo esfuerzo σ_4 es probable producto de inestabilidades micro-estructurales y mecánicas.

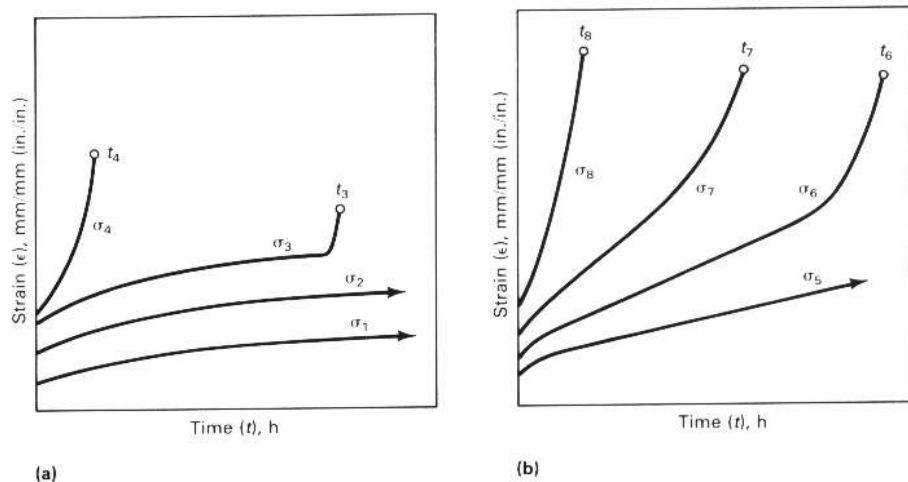


FIGURA 1.9. FLUENCIA LENTA A TEMPERATURAS ELEVADAS EN UN MATERIAL COMO UNA FUNCIÓN DE ESFUERZOS. FUENTE: REF. 3.

A temperaturas elevadas (**b**), se incrementa el esfuerzo inicial que usualmente acorta el periodo de tiempo empleado en cada etapa de la fluencia lenta. Desde aquí al tiempo de ruptura (t_6 , t_7 y t_8) decrece tanto como el esfuerzo se incrementa. Adicionalmente, la tasa de estado permanente de fluencia lenta decrece tal como el esfuerzo aplicado esta decreciendo. El rango de esfuerzo sobre el cual cambia el comportamiento, del exhibido por los esfuerzos σ_8 y σ_5 (**b**) es mucho mas amplio que el rango necesario a la fluencia similar al comportamiento a bajas temperaturas (**a**).

Más de estos comportamientos mostrados, pueden ser entendidos en términos del modelo de Bailey-Orowan, el cual muestra la fluencia lenta como resultado de la competencia entre procesos de recuperación y trabajos de temple. La recuperación es el mecanismo a través del cual un material se vuelve mas blando y retorna a su habilidad de soportar adicionalmente deformación. En general, la exposición a las altas temperaturas (esfuerzos descargados después de trabajar en frío por ejemplo) es necesario para que los procesos de recuperación sean activados.

Procesos de trabajos de temple hacen que los materiales incrementen más la dificultad a deformar si ya está deformado. El incremento de

carga requerido para continuar con la deformación entre el esfuerzo de fluencia y el esfuerzo de tensión último durante la aplicación de una tensión de término corto, es un ejemplo de trabajo de temple. Después de que la carga es aplicada, rápidamente empieza la deformación, pero esta no se mantiene como un material de trabajo templado y comienza a incrementarse su resistencia más allá de la deformación. A bajas temperaturas, la recuperación no puede ocurrir, desde aquí la razón de la fluencia lenta es siempre decreciente. Como siempre, a temperaturas elevadas el ablandamiento puede ocurrir, las cuales avanzan al estado permanente, en las que los procesos de recuperación y temple se balancean una a otra. Como la temperatura se incrementa, la recuperación empieza muy fácilmente a activarse y sobreviene el endurecimiento. De modo que, la transición desde fluencia lenta primaria a secundaria generalmente ocurre a esfuerzos tan bajos como la temperatura se incrementa.

El tercer estado de fluencia lenta no puede ser racionalizado en términos del modelo Bailey-Orowan. En su lugar, la fluencia lenta terciaria es el resultado de inestabilidades microestructurales y mecánicas. Por instancia de defectos en la microestructura tales como cavidades, separaciones de las fronteras de grano, y desarrollo de fallas. Estos son resultantes de un decremento local en el área

transversal que corresponde ligeramente a un esfuerzo alto en esta región.

Debido a que la razón de fluencia lenta es dependiente de su esfuerzo, la deformación y la tasa de deformación en los límites de un defecto se incrementarán. Al ocurrir esto, luego se incrementa el número y tamaño de fallas microestructurales, las cuales vuelven mas evidente el decremento de la sección transversal y esto incrementa la razón de deformación. Adicionalmente los defectos microestructurales, son tan buenos como otras heterogeneidades, para que puedan actuar como sitios de encuellamientos.

Otras veces formada la deformación esta tiende a incrementarse en esta región, porque el esfuerzo local es mas alto que en otras regiones de la muestra. El encuellamiento continúa desarrollándose porque la deformación local fluye a altos esfuerzos.

Efectos de la Fluencia Lenta sobre microestructura y morfología de fracturas: durante la fluencia lenta, cambios microestructurales significantes ocurren en todos los niveles. Sobre la escala atómica, las dislocaciones son creadas y forzadas a moverse a través del material. Este avanza el endurecimiento por el trabajo, conforme se incrementa

la densidad de la dislocación y las dislocaciones encuentran barreras para su movimiento. A temperaturas bajas se producen tasas sobredimensionadas de fluencia lenta, como es de esperarse si la temperatura es suficientemente alta, las dislocaciones se reordenan y se destruyen a través de varios eventos de recuperación.

La acción combinada de procesos de recuperación y endurecimiento durante la fluencia lenta primaria, esto puede permitir la formación de una distribución estable de sub-granos o perder redes de dislocaciones tri-dimensionales en algunos materiales, o una distribución uniforme de dislocaciones sin sub-granos en otros materiales. Estas configuraciones de dislocaciones estables son mantenidas y son características de una segunda etapa de la fluencia lenta.

La microestructura cambia debido a la combinación de esfuerzos y temperatura son mas difíciles de controlar. Estos cambios aumentan el valor de la fluencia lenta y por consiguiente contribuyen al esfuerzo observado. De plano si los cambios son esencialmente completados después de la fluencia lenta primaria y el resultado en la microestructura de fluencia lenta es más resistente que la estructura original, la deformación de fluencia lenta de tales cambios puede ser

tan grande que el material no puede ser usado. El examen microestructural de materiales ensayos y no ensayados deberían ser una parte esencial de algún experimento de fluencia lenta. Y de ahí se establecen las acciones a tomarse, existiendo una clasificación de Neubauer de los daños de fluencia lenta, tal como se expresa en la **Tabla 2.**

TABLA 2. NIVEL DE DAÑO DE FLUENCIA LENTA

Nivel de daño, según Neubauer	Descripción	Acción recomendada
1	Sin daño	Daño de fluencia lenta no detectado
2	Aislado	Observado
3	Orientado	Observado, arreglar con intervalos de inspección
4	Microfracturado	Servicio limitado bajo reparación
5	Macrofracturado	Reparación inmediata

1.2. Química de la zona de combustión rica en azufre

Corrosión a elevadas temperaturas: La corrosión a elevadas temperaturas, cumple un papel importante en la selección de materiales, para la construcción de equipo industrial usado para turbinas de gas y cámaras de tratamientos térmicos. Los principales inconvenientes que presentan estos equipos por corrosión a alta temperatura, son:

- Oxidación
- Carburización
- Sulfurización
- Nitrogenización
- Corrosión por gas halógeno
- Corrosión por depósitos de cenizas/sales
- Corrosión por sales de fundición
- Corrosión por metales líquidos

Cada uno de esos modos de corrosión se describe, con énfasis localizado en las consideraciones termodinámicas, la cinética de la corrosión de gases, y las principales asociaciones con escalas de formación. Además de esto, los ensayos de campo y laboratorio diseñados para caracterizar la idoneidad de los materiales para aplicaciones y ambientes específicos.

Estos procesos caracterizados están resumidos en la **Tabla 3.**, las cuales se ilustran en cada modo de corrosión en donde habrán interacciones entre la actividad del oxígeno y la actividad del corrosivo principal, la Tabla 3, muestra los varios tipos de corrosión que pueden ser anticipados en diferentes procesos industriales.

TABLA 3. TIPOS DE CORROSIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES

PROCESOS / COMPONENTES	TEMPERATURA, °C (°F)	TIPO DE CORROSIÓN
<u>QUÍMICA / PETROQUÍMICA</u>		
Vapor de etileno fractura los tubos de los hornos	1000 (1830)	Carburización; Oxidación
Vapor en tubos reformados	1000 (1830)	Oxidación; Carburización
Fracturas por cloruro de vinil	650 (1200)	Gas Haluro
Hidrofracturas en calentadores, reactores	550 (1020)	H ₂ S y H ₂
Recuperadores de coque calcinado para petróleo	816 (1500)	Oxidación; Sulfurización
Fracturas en regeneradores	800 (1470)	Oxidación
Chimeneas chamuscadas	950-1090 (1740-1995)	Oxidación; fatiga térmica; Sulfurización; Clorinización
Tubos de hornos con bisulfuro de carbono	850 (1560)	Sulfurización, Carburización, depósitos
Reactores para producción de melanina (urea)	450-500 (840-930)	Nitrogenización
<u>OTROS PROCESOS</u>		
Ductos reactores de producción de Titanio	900 (1650)	Oxidación; Clorinización
Guía ácido nítrico/ catalizador	930 (1705)	Oxidación, Nitrogenización, Sulfurización
Reactores de reprocesamiento nuclear	750-800 (1380-1470)	Oxidación (vapor); Fluoridización (HF)
Supercalentadores en tuberías quemadoras de combustible	850-900 (1560-1650)	Cenizas y corrosión por combustible
Corrosión en aletas de turbina de gas	950 (1740)	Sulfatos; cloridos, oxidación, ceniza
Incineradores / Supercalentadores	480 (895)	Clorinación, Sulfurización, Oxidación y sales de fundición
Recuperadores de manufactura de fibra de vidrio	1090 (1995)	Oxidación, Sulfurización, sales de fundición

Es necesario establecer el funcionamiento de la termodinámica de la corrosión por gases a altas temperaturas, para lo cual requerimos de los siguientes conceptos:

Energía Libre de Reacción: la fuerza de impulso para las reacciones de un metal con gas es lo que se conoce como “energía de intercambio de Gibbs”, ΔG . Para condiciones normales de calor, presión y temperatura constante, ΔG es descrita por la Segunda Ley de la Termodinámica, de la siguiente manera:

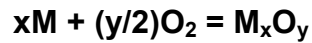
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Donde ΔH es la entalpía de la reacción, T es la temperatura absoluta, y ΔS es el cambio de entropía. Ninguna reacción procederá espontáneamente a menos que ΔG sea negativo. Si $\Delta G = 0$, el sistema se encontrará en equilibrio, y si ΔG es positivo, la reacción es termodinámicamente desfavorable, es decir que la reacción reversamente se puede producir espontáneamente.

La fuerza de reacción ΔG para una reacción de manera que: $aA + bB = cC + dD$, puede ser expresada en términos de los estándares de los cambios de energía de Gibbs, ΔG° , así:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln ((a_c^c a_d^d) / (a_a^a a_b^b))$$

Donde la actividad química **a**, de cada reactante o producto es elevado al poder de su coeficiente estequiométrico, y la constante para gases **R**. Por ejemplo para la oxidación de un metal la reacción quedaría así:



Donde **M** es el metal reactivo, **M_xO_y** es su óxido, **x** y **y**, son las moles de intercambio del metal y el oxígeno, respectivamente en una (1) mol de óxido. La reacción de intercambio de energía de Gibbs, quedaría de la siguiente manera:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln ((a_{M_xO_y}) / ((a_M)^x \cdot (a_{O_2})^{y/2}))$$

La Sulfurización: El azufre es uno de los contaminantes más corrosivos a altas temperaturas en medios industriales. El azufre es generalmente presente como una impureza en combustibles o materias primas. Típicamente, las gasolinas son contaminadas con azufre que varia en fracciones de 1% (gasolinas Nó 1 ó 2), hasta cerca del 3% (gasolina Nó 6). Las materias primas calcinadas para las operaciones en procesos químicos de minerales, son contaminados con varias cantidades de azufre.

Cuando la combustión toma lugar con aire en exceso para garantizar la combustión completa de combustible para generación de calor en algunos procesos industriales, tales como carbón y quema de gasolina para generación de energía, el azufre de los reactores de combustible con oxígeno de la forma SO_2 y SO_3 . Una atmósfera de este tipo es generalmente oxidante. Los medioambientes oxidantes son usualmente menos corrosivos que medios reducidos en donde el azufre se encuentra en la forma de H_2S . Sin embargo, la sulfurización en medios oxidantes (como también en medios reductores) es frecuentemente acelerada por otras impurezas del combustible, como son sodio, potasio y cloro, los cuales reaccionan muchas veces podrían reaccionar entre ellas mismas y/o con el azufre durante la combustión y formar vapores salinos. Estos vapores salinos pueden ser depositados a bajas temperaturas en la superficie del metal, dando lugar a un rápido ataque de sulfurización.

Los medioambientes oxidantes que contienen altas concentraciones de SO_2 , pueden ser producidas por los procesos químicos que se usan en la manufactura del ácido sulfúrico. El azufre en este caso, es usado como materia prima. La combustión de azufre con exceso de aire toma lugar en un horno para azufre, a unos 1150 a 1200°C (2100 a 2200°F). Los productos del gas, típicamente contienen cerca del 10

al 15% de SO_2 , con algo de un 10-15% SO_2 y cerca de un 5-10% de O_2 (balanceado con N_2), los cuales son convertidos a SO_3 para formar el ácido sulfúrico.

En muchos casos, los metales y las aleaciones cuentan con escalas de óxido que pueda resistir el ataque de la sulfurización, a mas altas temperaturas las aleaciones cuentan con escalas de oxidación de cromo. En medios oxidantes es preferible dominar la reacción de corrosión.

Cuando el medio ambiente es reductivo (caracterizado por oxígeno potencialmente bajo), las reacciones de corrosión llegan a una competición entre la oxidación y la sulfurización. Por lo tanto, bajando la actividad del oxígeno se tiende a crear un ambiente más sulfurizante, resultando un incremento de la sulfurización. Recíprocamente, incrementando la actividad del oxígeno generalmente resulta en una baja de los niveles de azufre, incrementándose el dominio del oxígeno. La sulfurización es por lo tanto por ambas actividades, la del azufre y del oxígeno. Cuando la corrosión implica más de un modo, incluyendo la sulfurización, generalmente la sulfurización es la que determina el seleccionar el tipo de material.

Perkins, propuso que en un medio ambiente, como el señalado, la región superior del diagrama Cr-S-O, señalado en la **figura 1.10.**, ambos componentes, tanto el CrS y el Cr_2O_3 se formarán inicialmente en la superficie del metal cromo y las aleaciones de alto contenido de cromo. El Cr_2O_3 crecerá y dará alcance al sulfuro porque esta es una fase estable dentro de esta fase de estabilidad regional. Los elementos aleantes que forman sulfuros estables pueden difundirse a través de la escala de óxido, avanzando la corrosión camino a la ruptura. Esto es particularmente serio cuando los sulfuros se presentan líquidamente.

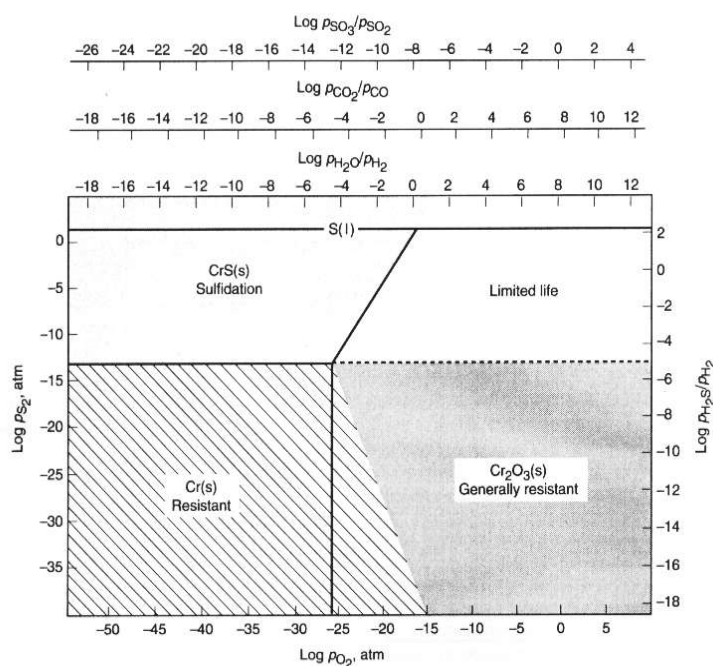


FIGURA 1.10. DIAGRAMA DE ESTABILIDAD DE UN SISTEMA CR-S-O A 870°C (1600°F). FUENTE: REF. 3.

Algunos sulfuros tipos metal-metal tienen bajos puntos de fusión: 635°C (1175°F) para el Ni-Ni₃S₂, 880°C (1616°F) para el Co-Co₄S₃, y 985°C (1805°F) para el Fe-FeS. A mayor temperatura las aleaciones se conforman de cromo, las cuales fijan una escala de oxidación para protegerse de la sulfurización. Esta escala puede eventualmente romperse abajo, y avanzar hasta un desprendimiento por corrosión. Perkins se refirió a esta región como “vida limitada”, la que se puede ver en la parte superior derecha del diagrama Cr-S-O mostrado en la **figura 1.10.**, los ambientes corrosivos dentro de esta región generalmente contienen H₂, H₂O, CO, CO₂ y H₂S y constituyen referencias de cómo reducir ambientes de gases mezclados.

1.3. Características tecnológicas de los materiales para hornos de refinерías.

Aplicaciones Industriales para materiales resistentes al calor: para aplicaciones a altas temperaturas, la selección apropiada de aleaciones es muy importante tanto del punto de vista de la seguridad, como del económico. Desde siempre los materiales a altas temperaturas, han tenido ciertas limitaciones, la alternativa óptima ha sido en varios casos un compromiso entre los apremios de las propiedades mecánicas (fluencia lenta y esfuerzos de deformación-

ruptura), compulsiones medioambientales (resistencia a varios fenómenos de degradación por altas temperaturas), características de fabricación y costos.

Tratamiento térmico de partes de hornos y soportería: Muchas de las partes utilizadas en la industria de hornos de tratamientos térmicos, pueden ser divididas en dos categorías. La primera consiste en las partes que son complementarias a los hornos y son por consiguiente piezas mecánicas tales como: bandejas, soportes, tornillos transportadores, pasadores, correas y anclajes templados. La segunda corresponde a las partes que conforman la estructura de los hornos: vigas de soporte, platinas, tubos de combustión, tubos de radiación, quemadores, cajas térmicas, rodamientos de bola y de rieles, vigas de carga, retortas giratorias, entre otros elementos.

Las aleaciones resistentes al calor son suplidas en ocasiones por aceros trabajados o formas de fundición. En algunas situaciones, pueden ser una combinación de ambos. Las propiedades y los costos de las dos formas varían, dependiendo de la similitud de composición química. Hay algunas fundidoras y fabricantes experimentados en el diseño y aplicación de estos productos, y si esto es importante

procurar tener la máxima información el momento de proveerse de sus partes.

La gran mayoría de hornos de tratamiento térmico, usan aleaciones de hierro-cromo-níquel o de hierro-níquel-cromo, debido a que las aleaciones de hierro-cromo no poseen demasiada resistencia a las altas temperaturas al ser usadas. Algunas aleaciones de hierro-cromo (mas del 13% de cromo) son susceptibles a la fragilización a los 475°C (885°F). Debido a que el incremento de temperatura (mayor a 980°C, o 1800°F), cada vez es más usado para algunas aplicaciones, se usan aleaciones de base níquel para mejorar la resistencia a los esfuerzos a fluencia lenta-ruptura y oxidación. Las aleaciones de base cobalto son generalmente muy caras para adquirirlas, excepto cuando se trate de una aplicación muy especial y específica. Por lo tanto, la discusión es limitada al uso y propiedades de el hierro-cromo-níquel, hierro-cromo-níquel y aleaciones de base níquel.

Las propiedades mecánicas a temperaturas habituales tienen un valor limitado cuando se selecciona materiales o se diseña para altas temperaturas, pero se puede decir que pueden utilizarse como referencia para chequear las cualidades de las aleaciones. En términos generales estos materiales contienen hierro, níquel y cromo

como sus mejores elementos aleantes. Carbono, silicio y manganeso también son usados para mejorar las características de estas aleaciones, y mejoran sus propiedades en altas temperaturas. El níquel influencia principalmente a la resistencia a las altas temperaturas y tenacidad. El cromo incrementa la resistencia a la oxidación por medio de la formación de una escala de protección de óxido de cromo sobre su superficie. Como se puede apreciar en la **figura 1.11.**, un incremento de carbono en su contenido, puede mejorar su resistencia.

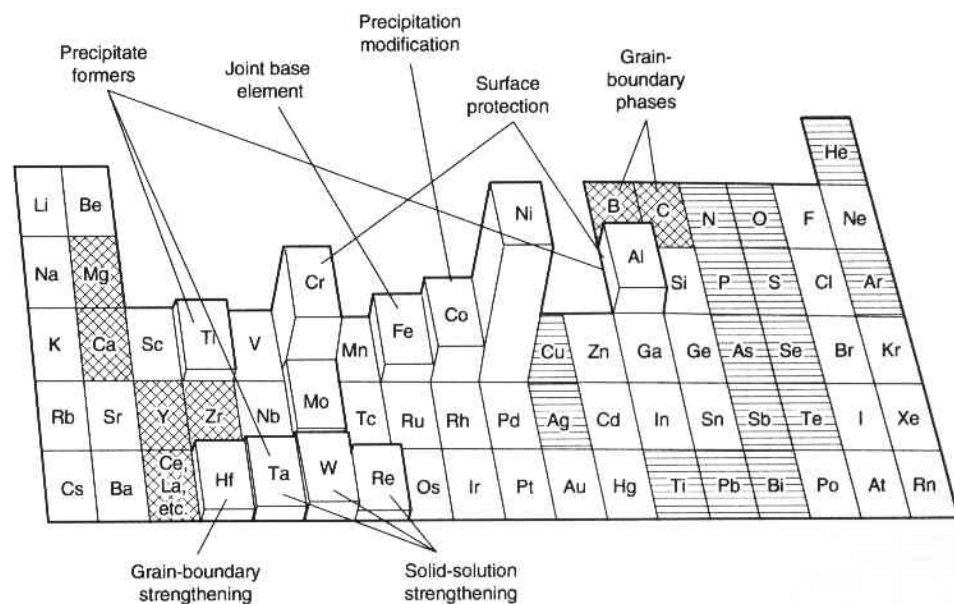


FIGURA 1.11. ELEMENTOS ALEANTES USADOS EN LAS SUPERALEACIONES DE BASE NÍQUEL, BENEFICIOS Y SU UBICACIÓN EN LA TABLA PERIÓDICA.

La mayoría de las plantas petroquímicas y de refinamiento de petróleo, involucran sistemas de alimentación por hidrocarburos, altamente tóxicos y gases explosivos, y fuertes ácidos que elevan la temperatura y la presión. Muchos de estos metales y aleaciones son aprovechables, relativamente poco cuando son usados para la construcción de equipo de procesamiento y tuberías. En lo que respecta a los tipos de materiales empleados, el bajo grado de carbón forma sulfatos de sodio y potasio, los cuales actúan sobre el material eliminando la película de óxido de protección del material que soporta supercalentamiento y recalentamiento en cualquiera de sus formas. Las gasolinas de bajo grado forman componentes de vanadio, que hacen el mismo efecto que el azufre. Este material debido a esta exposición, recibe un desgaste del metal por corrosión, y puede causar fallas en los tubos que se pueden volver problemas en unos meses, y quizás unos días. Las combinaciones formadas por los componentes del azufre / vanadio crean unos flujos de fundición que atacan y remueven la escala protectora de oxidación, exponiendo a la corrosión al metal. A pesar que el material vuelve a oxidarse, es atacado por este flujo otra vez, de manera seguida y más fuerte. En las investigaciones alcanzadas por el U.S. Institute of Fuel, se ha demostrado que el alto contenido de cromo que contienen ciertas aleaciones, mejora notablemente la resistencia del material a este tipo

de corrosión, y que con una combinación de aproximadamente 50% de cromo y 50% de níquel, se logra el máximo rendimiento.

1.4. Materiales normalizados resistentes a la corrosión y a la fluencia lenta (creep)

Dado el hecho de que las atmósferas de alto contenido de azufre son quienes dictaminan el comportamiento de los materiales en este tipo de condiciones, es de suma importancia que el ingeniero busque aleaciones alternativas para contrarrestar los efectos de la corrosión y la fluencia lenta, a partir de materiales que ganen en resistencia hacia estos efectos. Es de interés conocer ahora, el impacto de varias aleaciones y los elementos aleantes contra la resistencia a la sulfurización, sobre la que se parte de los datos que se obtiene sobre la aleación 800H, como referencia.

La composición de las aleaciones de interés para este análisis comparativo, se encuentran listados en las **Tablas 4 y 5**. Los cambios de masa para estas aleaciones sometidas a procesos de sulfurización en reducción y oxidación están presentados mas adelante. Basados en varios reportes, e informes circundantes, se pretende dar una explicación del papel y la contribución que varios elementos hacen a la resistencia a la sulfurización.

**TABLA 4. COMPOSICIÓN NOMINAL Y COMERCIAL DE
ALEACIONES USADAS EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA**

Aleación	UNS	PORCENTAJE EN PESO NOMINAL								
		Ni	Cr	Fe	Mn	Si	Al	Ti	C	Otros
304	S30400	10	19	68	2.0	1.0			0.08	
321	S32100	10	18	69	2.0	1.0		0.05	0.08	
309	S30900	13	23	61	2.0	1.0			0.02	
310	S31000	21	25	51	2.0	1.0			0.25	
800	N08800	32	20	46	1.5	1.0	0.2	0.4	0.03	
800H	N08810	32	21	45	1.5	1.0	0.45	0.4	0.07	
801	N08801	32	21	43	1.5	1.0		1.2	0.10	
803		35	27	40	0.8	0.5	0.3	0.4	0.07	
330	N08330	36	19	44		1.1			0.08	
DS	1.4854	38	18	41	1.2	2.3		0.2	0.10	
825	N08825	42	22	28				1.0	0.05	Mo-3.0, Cu-2.0
671		51	48				0.1	1.1	0.05	
617	N06617	55	22	1		0.1	1.3	0.4	0.09	Mo-9.5, Cu-12.0
625	N06625	59	22	5	0.5	0.15	0.4	0.4	0.03	Mo-9.0, Nb-4.0
601	N06690	62	23	13	0.2	0.2	1.2	0.4	0.04	
690	N06690	63	28	9	0.2	0.1	0.1	0.2	0.01	
600	N06600	75	16	8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.09	
702		80	16	1		0.1	3.0	0.5	0.5	
MA 956	S67956		20	74			4.5	0.5	0.05	
MA 754	N07754	78	20	1			0.3	0.5	0.05	
MA 758		68	30	1			0.3	0.5	0.05	

TABLA 5. DATOS DE CAMBIO DE MASA IN H₂- 45%CO₂- 1%H₂S PARA SELECCIÓN DE ALEACIONES A 820°C, PRUEBA DE DURACIÓN DE 1000 HORAS.

ALEACIÓN E	COMPOSICIÓN PRINCIPAL DE ELEMENTOS				CAMBIO DE MASA (mg/cm ³)
	Ni	Cr	Fe	Otros	
309	13	23	61		4.28
310	21	25	51		0.62
800H	32	21	45		1.19
330	36	19	44	Si- 1.10	6.97
DS	37	18	41	Si- 2.25	13.70
803	34	26	37	Si- 0.7	1.35
671	51	48		Ti- 1.1	0.82
MA 956		20	74	Al- 4.5, Y-0.5	0.20
MA 754	78	20	1.0	Y- 0.6	4.67
MA 758	67	30	1.0	Y- 0.6	1.24

Efecto del cromo: Hancock examinó el efecto del incremento del aumento del contenido de cromo, en superaleaciones de níquel-cromo, en medios sometidos a un 100% de SO₂ y H₂S y encontró un similar beneficio por incremento de niveles de cromo. Mientras el cromo tiene una alta afinidad para el azufre y sus sulfuros con un alto punto de fusión, el ataque al cromo de parte del azufre es mínimo cuando se forma la escala del CrS. Lo que determina que aparece la

razón de difusión, hasta el final de la escala de níquel-sulfuro de cromo que puede reducirse de plano mucho más distante. Hancock encontró que la tasa de corrosión en SO_2 no era tan severa como en el caso del ataque por H_2S . Esta atmósfera aparentemente una muy coherente escala al interior del Cr_2O_3 , con una capa exterior de Ni_3S_2 y ocasionalmente una capa intermedia de CrS .

Efecto del níquel: es conocido que al incrementar los niveles de níquel es perjudicial, primeramente para la resistencia a la sulfurización a alta temperatura, debido a que el punto de fusión del níquel-sulfuro de níquel es relativamente bajo (645°C). Puesto que el níquel contribuye a la resistencia, tenacidad y estabilidad térmica de una aleación, lo cual es muy útil en la industria petroquímica, sin embargo es necesario determinar los límites de operación de las aleaciones de níquel para que puedan funcionar en cada condición ambiental. Los datos de la **Tablas 6 y 7**, muestran respectivamente la resistencia a la carburización y sulfurización; la resistencia es mas baja, dependiendo del contenido de níquel de las características de la escala de formación de la aleación.

**TABLA 6. DATOS DE CAMBIO DE MASA EN AIRE-2%SO₂-5%H₂O,
PARA ALEACIONES SELECCIONADAS A 700°C, 850°C Y 1000°C,
PRUEBA DE DURACIÓN DE 1000 HORAS**

ALEACIÓN	COMPOSICIÓN PRINCIPAL POR ELEMENTOS				CAMBIOS DE MASA (mg/ cm ³)		
	Ni	Cr	Fe	Otros	700°C	850°C	1000°C
304	10	19	68			-13.10	-14.30
309	13	23	61		0.09	0.33	1.45
310	21	25	51		0.22		0.38
800	33	21	46		0.35	1.51	1.43
601	61	23	14		0.33	1.40	3.50
690	62	29	9		0.33	0.61	0.15
671	52	48				0.10	1.40

Pequeñas adiciones de aluminio (comparando la aleación 702 con la aleación 600), alto contenido de hierro y grandes niveles de cromo de mas del 15% (comparando la aleación 800H con la aleación 600) son todas efectivas para acarrear con la resistencia a la sulfurización de las aleaciones con contenido de níquel, en condiciones reductoras en medioambientes corrosivos. Los resultados de la **Tabla 7.**, conducen a un mismo fin, para temperaturas bajas, exámenes de mas larga duración en H₂- 0.5% y H₂S- 2.0% **Tabla 8.**

**TABLA 7. TASAS DE CORROSIÓN ISOTÉRMICA DE
ALEACIONES CON INCREMENTO DE NÍQUEL Y VARIACIÓN DE
OTROS ELEMENTOS EN H₂- 1.5% H₂S, A 730°C, PRUEBA DE
DURACIÓN 96 HORAS**

ALEACIÓN	COMPOSICIÓN PRINCIPAL DE ELEMENTOS				TASA DE CORROSIÓN (mm/ Y)
	Ni	Cr	Fe	Otros	
304	10	19	68		31.2
310	21	25	51		18.0
800H	32	21	45		18.4
330	36	19	44	Si- 1.1	54.4
DS	37	18	42	Si- 2.25	19.2
825	42	22	28	Mo- 3.0, Cu- 2.2	25.4
671	51	48		Ti- 1.1	24.9
617	54	22	1.5	Co- 12.5, Mo- 9.0	35.8
601	61	23	14	Al- 1.4	17.4
625	61	22	2.5	Mo- 9.0, Cb- 3.6	18.9
600	76	16	8.0		36.0
702	80	16	1.0	Al- 3.0	17.9

Sobre este rango de temperatura de 260°C a 480°C, incrementando el contenido de níquel entre 10 y 35% tiene una pequeña influencia sobre la tasa de corrosión in atmósferas reducidas de H₂S. Es interesante que los mejores resultados bajo estas condiciones de

prueba, para superaleaciones de alto contenido de níquel, correspondan al de la aleación 671.

TABLA 8. TASAS DE CORROSIÓN ISOTÉRMICA DE ALEACIONES CON INCREMENTO DE NÍQUEL Y VARIACIÓN DE OTROS ELEMENTOS DE CROMO EN H₂- 0.5% H₂S A 260°C Y 370°C, BASADO EN PRUEBAS DE DURACIÓN DE 3000 HORAS Y PARA H₂- 2% H₂S A 480°C SOBRE LAS 4000 HORAS

ALEACIÓN	COMPOSICIÓN PRINCIPAL DE ELMENTOS			TASA DE CORROSIÓN (mm/Y)		
	Ni	Cr	Fe	260°C	370°C	480°C
304L	10	19	68	0.0005	0.0043	0.3050
309	13	23	61	0.0005	0.0007	0.0410
310	21	25	51	0.0010	0.0010	0.0065
800	33	21	45	0.0005	0.0015	0.3300
671	51	48		0.0002	0.0008	0.0050

1.5. Normalización ASTM A-560

El alto contenido de cromo provee a estos elementos de una excelente resistencia a la oxidación y corrosión en altas temperaturas, bajo atmósfera que contienen azufre o vanadio. La **figura 1.12.**, lo

que proporciona resultados de laboratorio asignados a ensayos para la aleación INCONEL 671 y otros especies de aleaciones con contenidos de cromo y níquel, cuando fueron sumergidas bajo mezclas de pentaóxido de vanadio V_2O_5 y sulfato de sodio Na_2SO_4 a una temperatura aproximada a los $900^{\circ}C$ ($1650^{\circ}F$).

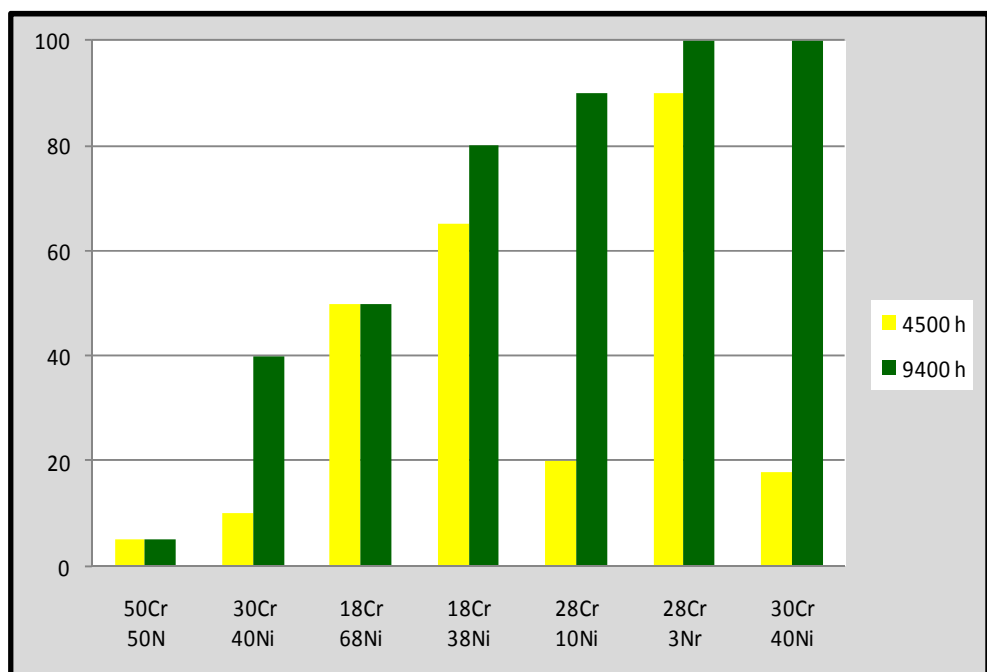


FIGURA 1.12. PORCENTAJE DE METAL DESGASTADO A TEMPERATURA DE GASES DE $760-920^{\circ}C$ ($1400-1700^{\circ}F$) PARA GASOLINAS CON CONTENIDO DE VANADIO SOBRE LOS 300 PPM. FUENTE: JOURNAL OF THE U.S. INSTITUTE OF FUEL

Los resultados de los ensayos a oxidación cíclica a 980°C (1800°F) sobre las especies por acción del sulfato de sodio esta señalado en la **figura 1.13**. Cada ciclo consistente en 15 minutos de calentamiento y 5 minutos de aire frío y las especies fueron recalentadas con sulfato de sodio, en intervalos de 65 horas.

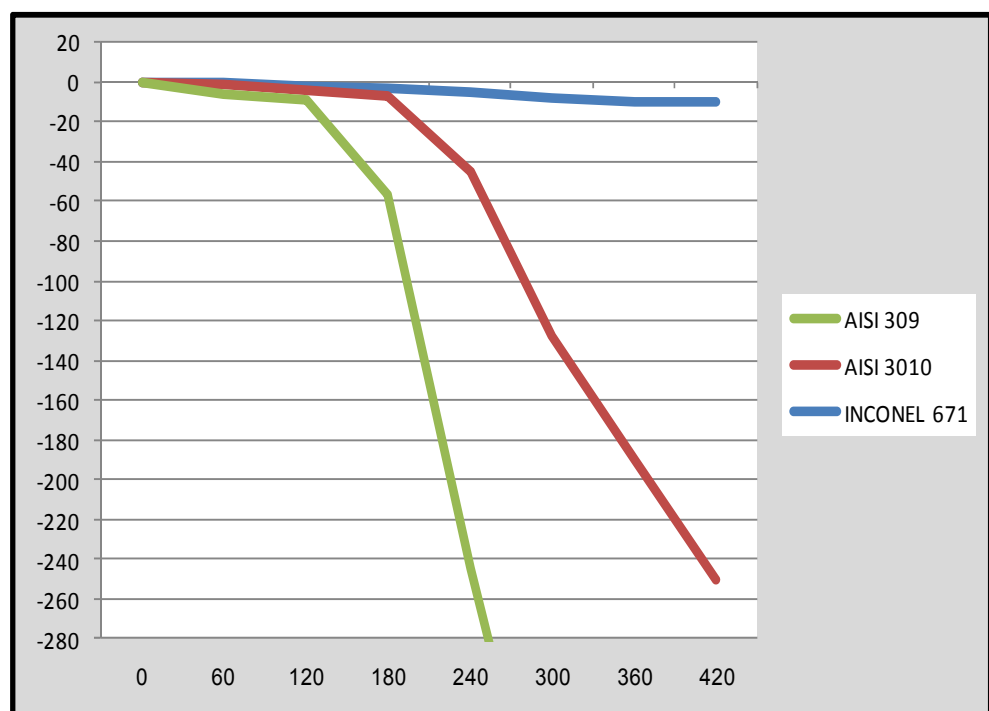


FIGURA 1.13. LOS ENSAYOS DE OXIDACIÓN CÍCLICA A 980°C (1800°F) SOBRE MUESTRAS CALENTADAS CON Na_2SO_4 . CADA CICLO FUE DE 15 MINUTOS DE CALENTAMIENTO Y 5 MINUTOS DE ENFRIAMIENTO. LAS ESPECIES FUERO RECALENTADAS EN 65 HORAS DE INTERVALO.

El material a tomarse en cuenta, específicamente y objeto de estudio del presente trabajo consiste en la aleación A560 bajo los estándares ASTM, mientras que muy similares características para los estándares de ASM, en donde se lo conocer como INCONEL 671 (nombre comercial) ó R20500 para UNS (Unified Numbering System), en formato canadiense se lo conoce comercialmente como IN-657, y a nivel técnico 50%Ni-50%Cr (Ver **Tabla 9**) A continuación presentamos la composición del material de conformidad con el estándar aplicado para su selección:

TABLA 9. DIFERENCIAS DE COMPOSICIONES EN ESTANDARES PARA ALEACIONES

Estándar	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS											
		Cr	Ni	C	Mn	Si	Ti	Nb	P	S	Al	N ₂ +C
IN-657	Min.	47.0	Bal.					1.4				
	Max.	52.0	Bal.	0.1	0.3	0.5		1.7	0.02	0.02		0.2
INCOLOY 671		47.0	51.5	0.05			0.35					
ASTM A-560	Min.	48.0	Bal.									
	Max.	52.0	Bal.	0.1	0.3	1.0	0.5		0.02	0.02	0.25	
UNS R20500		48	51				1.1					

Aplicaciones: Equipos de generación de poder tales como tubos supercalentadores, platinas para equipo de vapor, tubos separadores, serpentines, incineradores, válvulas de presión, licuadores, etc.

Propiedades Mecánicas: Referencia INCONEL-671

Esfuerzo de Tensión: 862 MPa

Esfuerzo a fluencia: 483 MPa

Elongación: 25%

Dureza: 95 HRB

Propiedades Mecánicas: Referencia ASTM A560

Esfuerzo de Tensión: 550 MPa

Esfuerzo de fluencia: 340 MPa

Elongación: 5%

Ensayo de impacto: 78 J

Características de masa:

Densidad: 7.86 Mg/m^3 (0.284 lb/in^3), a 20°C

Estructura:

Estructura cristal, matriz cúbica de cara centrada (FCC), fase alfa, cuerpo centrado cúbico.

Relación de Esfuerzos de ruptura: analizados en la **Tabla 10**.

**TABLA 10. ESFUERZO DE RUPTURA, EN FUNCIÓN DE LA
TEMPERATURA**

TEMPERATURA		ESFUERZO DE RUPTURA EN:			
		100 h		1000 h	
°C	°F	MPa	Ksi	Mpa	Ksi
649	1200	193	28.0	97	14.0
704	1300	110	16.0	57	8.2
760	1400	66	9.5	34	5.0
816	1500	41	6.0	21	3.0
871	1600	25	3.6	12	1.8
927	1700	16	2.3	9	1.3
982	1800	10	1.5	6	0.8

Se pueden apreciar discordancias en los valores de las propiedades mecánicas, entre los estándares INCONEL 671 y el ASTM A560, a pesar que su composición es prácticamente la misma salvo pequeñísimas adiciones de elementos aleantes, las cuales se corroborarán cuando se ensaye las muestras obtenidas experimentalmente de las coladas normalizadas existentes. Sin embargo hay que acotar que la norma a estandarizar se ha hecho en función de los parámetros de la ASTM, ya que el estándar INCONEL es mas bien una marca de metales con el respaldo de ASM, sin

embargo la normalización es uno de los puntos que serán tratados mas adelantes, ya que no hay criterios unificados para los estándares, y es justamente una de las conclusiones a las que se ha llegado.

CAPÍTULO 2

2. TRABAJO EXPERIMENTAL

2.1. Procedimiento Experimental

La presente investigación tiene como objeto poder hacer fusiones experimentales, con la posibilidad de establecer aleaciones normalizadas de ASTM A560, en pequeñas cantidades, a través de un proceso emulando al horno de arco, para lo cual se usó como fuente una máquina de soldadura de corriente continua que proporcionó aproximadamente 1000 A de energía, y un horno de grafito, dimensionado para pequeñas cargas no mayores a 100 gramos. Como componente generador de calor para la fusión se usaron electrodos de grafito usado para procesos de corte de metal.

Fase de Formulación y Diseño: es un estudio de identificación de variables y obtención del marco referencial del problema, con una primera fase observacional retrospectiva y longitudinal. En esta fase se realiza en primer lugar, una evaluación para conocer los estándares de normalización a emplearse, investigar sobre los materiales, seleccionar el origen de las materias primas (calidad científico-técnica) y resultados primarios (efectividad) de funcionamiento del equipo.

La segunda fase del estudio es un diseño experimental, en la que se empieza a probar las posibilidades de funcionamiento en función de Las fundiciones normalizadas ASTM A560 a obtener. Este diseño es útil para evaluar de forma adecuada los efectos a alcanzarse producto del uso de horno para microfusiones.

Fases de Investigación: se ha realizado un estudio observacional, descriptivo, retrospectivo y longitudinal, recogiendo información proveniente de las coladas efectuadas. Los resultados del control y seguimiento (Efectividad) mediante la valoración de:

- Análisis de Composición Química
- Análisis Metalográficos
- Análisis Cuantitativos de resultados

Fuente de datos, variables y criterios de evaluación: la información ha sido obtenida de las coladas permiten, supervisar la proyección del trabajo de fundición y a la aproximación a la normalización. Los criterios de evaluación y fundamentos fueron discutidos en la primera parte del trabajo. En la **figura 2.1.**, se puede apreciar la Guía Metodológica Experimental.

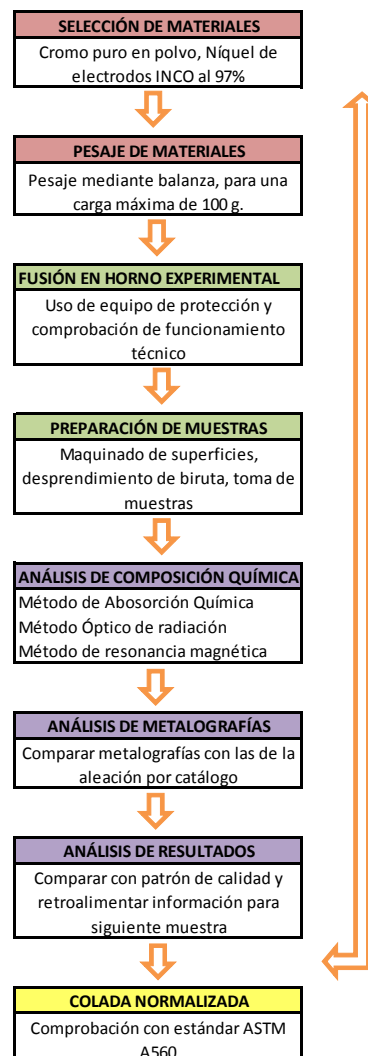


FIGURA 2.1. GUÍA METODOLÓGICA EXPERIMENTAL

2.2. Construcción de Equipo para fusión

Una vez definido los principios que rigen la investigación, se procederá a describir la construcción del prototipo experimental de horno para microfusiones, cuyo diseño y construcción se hizo en los talleres de INTRAMET , en base a los principios teóricos que operan los procesos de fusión a través de hornos de arco eléctrico, lo cual exige un ensayo previo, para corroborar las premisas previas en un equipo de mucha menor capacidad volumétrica, que permita obtener aleaciones experimentales con resultados bastante aproximados a los equipos convencionales de fundición.

Horno eléctrico para ensayos de fusión: los elementos constituyentes de este horno eléctrico para ensayos de fusión son los siguientes:

- Crisol de grafito
- Conector de cobre
- Máquina de soldar (fuente C.C., con tiristores)
- Electrodo de Carbono

Para la construcción del horno, se tomó un pequeño bloque de grafito de aproximadamente 1 kg. de peso, en primera instancia y de conformidad con el diseño, el bloque fue dividido en dos (2) partes,

dándole la forma de 2 cubos de los que se maquinaron dos pequeños crisoles. Una vez que se procedió así, se llevaron los pedazos al torno, en donde se procedió a hacer el vaciado y darle el acabado deseado. Fue menester dejar un espacio considerable para maquinar el agujero roscable, donde el horno se une al conector de cobre, para dicho efecto hay que tomar en cuenta el paso de la rosca y las consideraciones necesarias para que ambas tengan el ajuste necesario para la transmisión de la corriente, tal como se aprecia en la **figura 2.2.**



FIGURA 2.2. HORNO DE GRAFITO MAQUINADO

Para el diseño del conector, se ha escogió el cobre debido a su alta conductividad, ya que es el punto de contacto entre la fuente y el horno como se puede apreciar en la **figura 2.3.**, este debe tener un tornillo roscado y en el extremo el acople para el cable de la fuente.



FIGURA 2.3. CONECTOR DE COBRE PARA ACOPLE A FUENTE

En cuanto a la fuente se seleccionó un equipo que debía poseer las condiciones necesarias descritas en la **figura 2.4.**, que le permita conseguir la cantidad de amperaje que nos facilite alcanzar la temperatura necesaria para fundir los elementos constituyentes de la carga, que al tratarse de níquel y cromo, se estima que deberá ser aproximadamente a unos 1500 °C, para evitar algún inconveniente de pérdida de calor.

La máquina de soldar descrita en la **Tabla 11**, cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

TABLA 11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MÁQUINA DE SOLDAR

CORRIENTE NOMINAL 60% DEL CICLO DE TRABAJO	TENSIÓN MÁXIMA	RANGO DE CORRIENTE		CONSUMO DE AMPERES A CARGA NOMINAL, 60 Hz.			
		BAJO	ALTO	220 V	440 V	kW	kVA
400 A, a 36 V	80 V	45-345	80-550	84 Amp.	42 Amp.	21.6	32

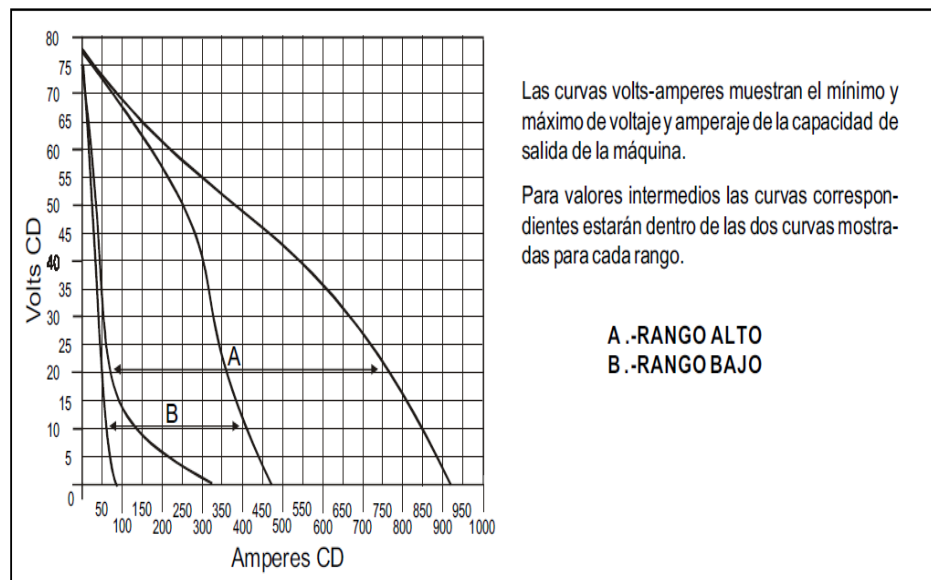


FIGURA 2.4. CURVA DE VOLTIOS-AMPERIOS, DE MÁQUINA SOLDADORA

En cuanto a la selección de los electrodos para la fusión, se buscó los que tuvieran mejor composición de grafito (carbono) para poder tener mejor contacto con la carga y el crisol. A continuación se presenta la **Tabla 12.**, con las características de los electrodos seleccionados, bajo las recomendaciones del fabricante. De la tabla presentada se buscaba seleccionar al modelo WF-507, ya que correspondía al amperaje de la máquina seleccionada (aproximadamente 400 A), sin embargo debido a que no estaba a disposición este producto en el diámetro requerido, se escogió la opción WF 506.5, que cubría un rango de corriente de 320 a 370 A.

TABLA 12. SELECCIÓN DE ELECTRODOS DE CARBONO

WELDFLAME: Electrodos de carbono para fundición, revestidos con cobre					
Modelo	(Diámetro x Largo)		Rango de corriente (A)	Tipo de Industria	Características
	(mm.)	(pulg.)			
WF 503.2	3.2 x 305	1/8 x 12'	130–180	Cualquier industria que requiera cortar, biselar todo tipo de aceros de estructura ferrítica o austenítica, así como acero fundido, hierro colado y todos los metales no ferrosos	Arco de alta potencia calorífica, alta deposición de partículas que permiten fundir y separar limpiamente el material de la zona de corte, permitiendo una ranura limpia de impurezas, adecuada para soldar
WF 504	4 x 305	5/32 x 12'	150–200		
WF 505	5 x 305	3/16 x 12'	200–250		
WF 506	6 x 305	15/64 x 12'	300–350		
WF 506.5	6.5 x 305	¼ x 12'	320–370		
WF 507	7 x 305	9/32 x 12'	350–400		
WF 508	8 x 305	5/16 x 12'	400–450		
WF 509	9 x 305	23/64 x 12'	450–500		

Dificultades Técnicas del Equipo: luego de evidenciar el funcionamiento del microhorno para fusiones experimentales y tras los 17 ensayos de fundiciones exitosas, el horno comenzó a evidenciar desgaste en el crisol, el grafito empezó a presentar grietas, las cuales hacían un poco mas difícil obtener la muestra; en la **figura 2.5.**, se pueden apreciar las fisuras, esto sumado a que también parte de los resultados obtenidos previo análisis hacían suponer que el grafito estaba en cierto grado reaccionando con la carga del crisol.

En este punto se experimentó con poner recubrimiento al horno, a través de una camisa de acero y en medio recubrimiento constante de fibra cerámica. Para lo cual se analizó también las propiedades de la fibra cerámica, las cuales se detallan en los **Apéndices**.

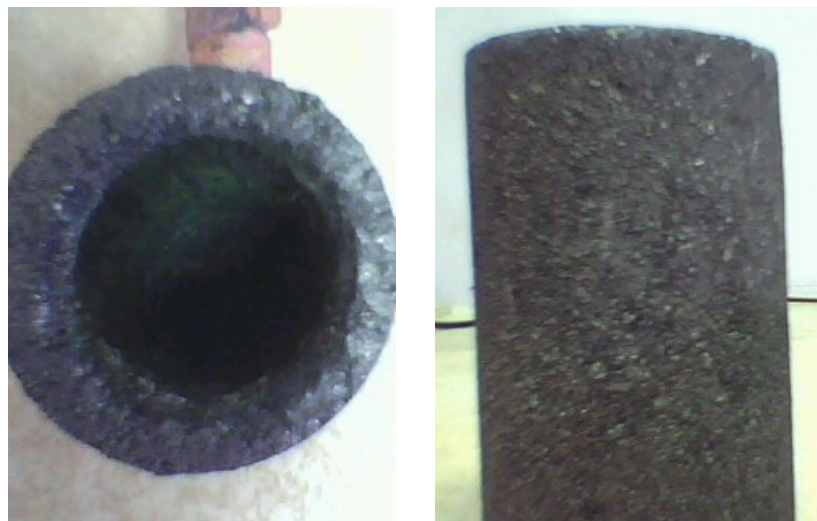


FIGURA 2.5. FISURAS EN EL MICROHORNO LUEGO DE 17 FUSIONES

Este procedimiento tuvo éxito en cuanto a proteger el crisol de grafito, sin embargo el tiempo de enfriamiento de las coladas se volvió un problema, ya que era demasiado lento con el revestimiento, dando como resultado que las muestras se peguen a las paredes del crisol, lo que causaba dificultades para desprenderlas, y por consiguiente hacer el respectivo análisis, tal como se puede apreciar en la **figura 2.6**.

Otro de los problemas que se tuvo con el equipo, fue el grado de deformación térmica del conector de cobre, debido al uso frecuente. No se llegó al extremo de reemplazarlo, sin embargo tuvo que ser rectificado y maquinado nuevamente, cuando se hizo el cambio de crisol luego de los 17 ensayos. En los ensayos siguientes se aumentó el tiempo de exposición de la flama originada por el electrodo de carbono, con la finalidad de obtener un vaciado más rápido.

(a) Camisa de acero



(b) Acoplado a horno



(c) Fibra cerámica



(d) Disposición equipo



FIGURA 2.6. PROCESO DE REVESTIMIENTO DE FIBRA CERÁMICA AL MICROHORNO DE FUSIÓN.

2.3. Coladas de Prueba para fusión de materias primas

La primera prueba se la realizó con la finalidad de comprobar en la práctica el funcionamiento del microhorno de fusión, para esto se ensayó con un acero inoxidable martensítico, el cual sería fundido y analizado para poder observar, las pérdidas durante la fusión, así como el respectivo análisis de la muestra para ver el estado de la fusión, como se puede apreciar en la **figura. 2.7..**

Al fundir el metal, se empleó un tiempo de exposición al electrodo de carbono de 5 minutos, y el peso inicial del lingotillo era de 54 g.; al terminar la fundición se evidenció que la muestra había perdido una cantidad de su peso de 4.5 g., es decir aproximadamente el 8% de su peso inicial.



FIGURA 2.7. PRIMER ENSAYO DEL MICROHORNO DE FUSIÓN

La segunda practica, consistió en utilizar el mismo tipo de metal (acero inoxidable martensítico), con un peso inicial de 49 g., pero esta

vez se añadió el 2% de su peso en cromo (en polvo), es decir 1 gramo de cromo. El patrón de pérdida se volvió a repetir, la muestra final pesó 46 g., lo que equivale aproximadamente al 10% de su peso, ver **figura 2.8.**



FIGURA 2.8. COLADA DE PRUEBA N° 2

En un principio se realizaron pruebas de análisis por absorción química, buscando simplemente los elementos hierro, cromo y níquel, dando como resultado: Fe: 66% - Cr: 21.5% - Ni: 6.01%. Posteriormente y mediante procedimiento a explicarse mas adelante, se realizaron los análisis de la composición de esta muestra, por medio del analizador radiactivo de rayos X (NITON xLi), al que se tuvo acceso gracias a la colaboración con la Refinería Estatal de

Esmeraldas (REE), se pudo definir que la composición de elementos de las primeras muestras y de las posteriores escogidas para análisis, de conformidad con lo expuesto en la **Tabla 13**.

TABLA 13. COMPOSICIÓN DE COLADA DE PRUEBA N° 2

ELEMENTOS DE LA ALEACIÓN	PORCENTAJES (%)
Fe	65.97
Cr	22.10
Ni	5.42
Mo	2.74
Cu	1.33
Mn	1.23
V	0.46
Co	0.33
Ti	0.16
Zn	0.04
Bi	0.10
Pb	0.02
ALEACIÓN	SS- 22055

2.4. Evaluación Metalúrgica de Coladas de Prueba con Patrón de Calidad

Una vez comprobado el funcionamiento del microhorno, se procedió a ensayar aproximaciones al patrón de calidad de la aleación ASTM A560, para dicho efecto se tomó una muestra de material proveniente

de la Refinería Estatal de Esmeraldas, del cual se conocía de antemano que se trataba de la aleación 50%Ni-50%Cr, al que se le hizo una prueba de análisis químico en la ESPOL, otra en la EPN y finalmente con el equipo analizador de la Refinería Estatal de Esmeraldas, como se detalla en la **figura 2.9**. Los resultados de los ensayos se muestran a continuación en la **Tabla 14**:

TABLA 14. COMPOSICIÓN DEL PATRÓN DE CALIDAD

COMPONENTES DEL PATRÓN DE CALIDAD	ESPOL (Análisis Químico)	EPN (Análisis Químico)	REFINERIA DE ESMERALDAS (Análisis Radioactivo)
Ni	45.91	44.92	45.87
Cr	43.58	43.92	47.24
Fe	1.25	0.84	2.54
Nb			1.41
Mn	0.15	0.15	0.82
V			1.10
Co			0.37
Zn	0.19		0.29

De la comparación establecida entre los ensayos realizados en tres (3) lugares diferentes, y con 2 técnicas distintas, se pueden hacer aproximaciones de precisión, aunque como es de esperarse en el

caso de los análisis por absorción química, si bien deberían ser mas exactos, por otro lado es más permisivo al error humano, el momento de comparar los pesos atómicos. Si a esto se suma la comparación con los estándares conocidos: ASTM (SAE) e INCOLOY (AISI / UNS), los cuales guardan diferencias pequeñas, pero que en el momento de certificar material se vuelven significantes, se puede percibir la dificultad de concordar con la norma, ya que podemos inferir de la **Tabla 14** (Patrón de calidad) y la **Tabla 9** (Estándares), que existen diferencias que pueden volverse insalvables dependiendo de la norma y de la técnica de comprobación utilizada.

(a) Patrón de calidad



(b) Lectura de equipo

El	I	S/C
Al	1.41	0.09
Si	0.29	0.12
Mn	45.87	0.62
Co	0.37	0.17
Fe	2.54	0.27
Ni	0.82	0.28
Cu	47.24	0.53
P	1.10	0.26

FIGURA 2.9. MUESTRA PATRÓN DE CALIDAD

Metalografía de Patrón de Calidad: se realizaron pruebas metalográficas a la muestra del patrón de calidad, para establecer semejanzas con la norma. Para dicho efecto se tomó como referencia inicial, la encontrada en el Handbook ASM, Volumen 9, Metallography and Microstructures (1985), en la página 637, cuyas imágenes se agrupan en la **Fig. 2.10.**, en los literales **(a)**, **(b)**, **(c)** y **(d)**, de donde se concluye, que el reactivo para hacer la metalografía, corresponde al ácido crómico H_2CrO_4 , a través de un ataque químico electrolítico. Del mismo manual se obtiene la relación del ataque electrolítico del ácido crómico (2-10 g. CrO_3 and 100 ml. H_2O).

(a)



(b)



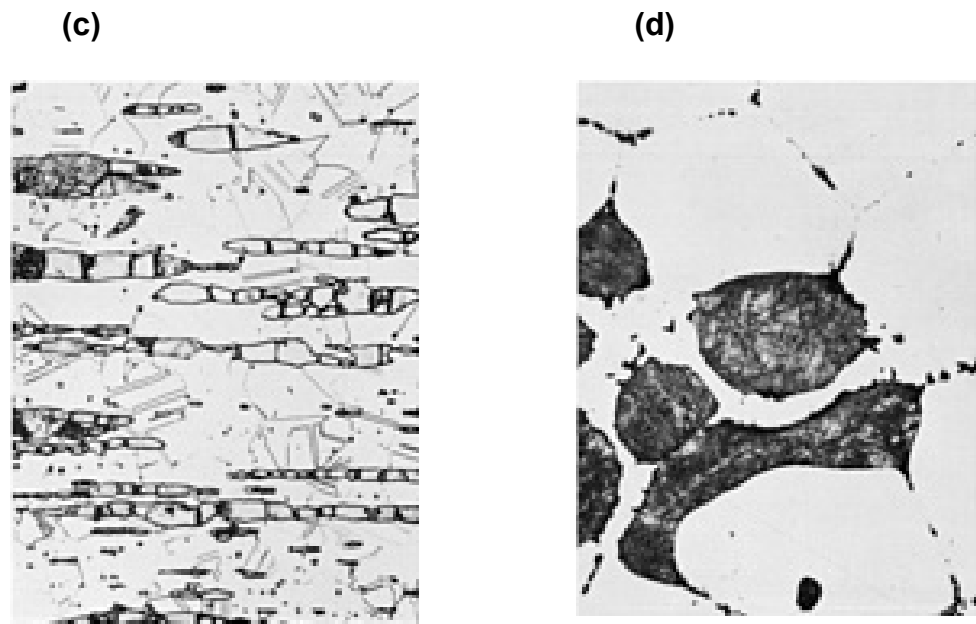


FIGURA 2.10. METALOGRAFÍAS PARA LA ALEACIÓN 50%Cr-50%Ni

(a) 50Cr-50Ni sheet, 3.2 mm (0.125in.) thick, annealed at 980 °C (1800 °F) for 1 h. Structure contains particles of chromium-rich phase (dark) and a nickel-rich phase (light). Electrolytic: 1% H₂CrO₄. 500×

(b) Same, annealed at 980 °C (1800 °F) for 120 h. Structure has same constituents as (a), but shows effects of long-time annealing on phase distribution. Electrolytic: 1% H₂CrO₄. 500×

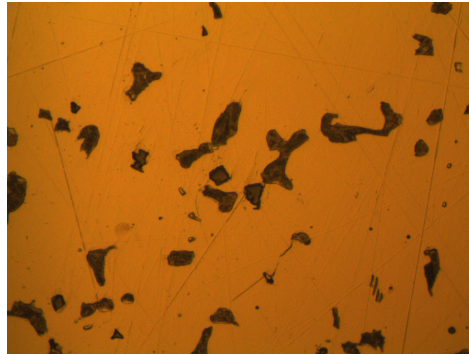
(c) 50Cr-50Ni, hot rolled, annealed at 1205 °C (2200 °F), and water quenched. Chromium-rich phase (dark) is elongated in the rolling direction. The light matrix is a nickel-rich phase. Electrolytic: 1% H₂CrO₄. 200×

(d) Same, hot rolled and annealed at 1315 °C (2400 °F), then water quenched. High annealing temperature caused agglomeration of chromium-rich phase (dark). Nickel-rich phase is light. Electrolytic: 1 % H₂CrO₄. 200×

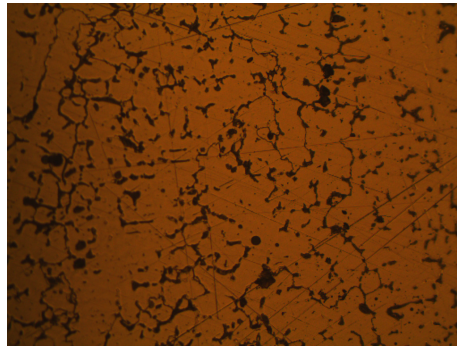
Las metalográficas señaladas en la figura anterior, señalan muestras de materiales que tuvieron procesos metalúrgicos previos, lo cual puede significar una diferencia significativa entre nuestro patrón y las metalografías que contiene el manual. Así se puede observar que en el caso (a) y (b) se trata de una platina recocida a 980°C, mientras que el caso de (c) y (d) se tiene un material rolado en caliente,

recocido a 1205°C y templado en agua. Cada uno de estos procesos puede cambiar la metalografía original, y no tenemos la certeza del proceso previo por el que pasó la muestra del patrón de calidad. Sin embargo, se aplicó el ensayo para obtener las metalografías como una referencia para establecer semejanzas. Los resultados de estas pruebas, se presentan en las **Fig. 2.11, (a), (b) y (c)**, que se presentan a continuación:

(a) Aumento 500x, ataque electroquímico, Acido crómico 1%



(b) Aumento 200x, ataque electroquímico, Acido crómico 1%



(c) Aumento 1600x, ataque electroquímico, Acido crómico 1%



FIGURA 2.11. METALOGRAFIAS DE MUESTRA DE PATRÓN DE CALIDAD

2.4.1. Control de composición química de muestras

Como se explicó en los numerales anteriores, la composición química tiene diferencias, dependiendo el método empleado, en este caso se ha hecho uso del Método de Absorción Química y Análisis Óptico mediante energía radiante.

Métodos de Ópticos para Composición de Materiales: los métodos ópticos miden las interacciones entre la energía radiante y la materia. Los primeros instrumentos de esta clase se crearon para su aplicación dentro de la región visible y por esto se llaman instrumentos ópticos. La energía radiante que se utiliza para estas mediciones puede variar desde los rayos X, pasando por la luz visible, hasta las ondas de radio. El parámetro usado más frecuentemente para caracterizar la energía radiante es la longitud de onda, que es la distancia entre las crestas adyacentes de la onda de un haz de radiación.

Los rayos X, de longitud de onda corta, son relativamente de alta energía y por esta razón pueden producir cambios marcados en la materia, y que las microondas y las ondas de radio tienen longitudes de onda larga y son relativamente de baja energía; los

cambios que pueden ocasionar al interactuar con la materia son muy leves y difíciles de detectar.

Los métodos ópticos de análisis se pueden diseñar para medir la capacidad de un material o de una solución para absorber energía radiante, para emitir radiación cuando son excitados por una fuente de energía o para dispersar o difundir radiación.

Método de Absorción Atómica para composición de materiales: aunque éste es realmente un método de absorción, se incluye en la espectroscopia de emisión debido a su semejanza a la fotometría de llama. La espectrofotometría de absorción atómica ha adquirido amplia aplicación en la ingeniería ambiental en la última década debido a su versatilidad para la medición de trazas de la mayoría de los elementos en el agua. Los elementos como el cobre, hierro, magnesio, níquel y zinc se pueden medir con precisión hasta una pequeña fracción de 1 mg/l.

La ventaja de la espectrofotometría de absorción atómica es que es bastante específica para muchos elementos. La absorción depende de la presencia de átomos libres no excitados en la

llama, que están presentes en más abundancia que los átomos excitados. Por tanto, algunos elementos como el zinc y el magnesio, que no son fácilmente excitados por la llama y, en consecuencia, los resultados con el fotómetro de llama son deficientes, se pueden medir fácilmente por el método de absorción atómica.

Existen muchos otros métodos de análisis instrumental disponibles que son de gran interés para los ingenieros por la creciente complejidad de los problemas a resolver, y por la mayor preocupación por los efectos de los contaminantes, aun estando a muy bajas concentraciones.

2.4.2. Análisis de datos

En el caso particular del método de óptico de medición de radiación, se ha empleado el equipo que posee la Refinería Estatal de Esmeraldas, en su Laboratorio de Materiales, se trata de un analizador marca NITON Thermo Scientific, Portable XRF, modelo xLi 818, para mayor detalle observar los **Apéndices**, el cual proporcionó lecturas del patrón de calidad, la muestra de ensayo del horno y además de tres (3) muestras mas, de coladas normalizadas. El aparato es sencillo de operar, hay que tomar las

medidas del caso para usar protección debido a su carga de rayos X, en un tiempo aproximado de 1 minuto de respuesta, la pantalla ofrece un listado de los componentes de material, y los diferenciales de errores de la muestra como se puede apreciar en la **figura 2.12**.



FIGURA 2.12. OPERACIÓN DE ANALIZADOR ÓPTICO POR RADIACIÓN, NITON xLi, PORTABLE XRF.

2.5. Coladas de Aleación Normalizada

Una vez ensayado el microhorno experimental de fusiones, se busca conseguir las coladas normalizadas, apegándose a los estándares antes mencionados, (ASTM y ASM), lo cual nos conduce a analizar la

carga del horno para poder proyectar los resultados a obtenerse y aproximarse poco a poco a lo establecido por la norma, y tomando como referencia la muestra patrón de calidad, bajo los procesos descritos anteriormente.

Control de carga de fusión para muestras normalizadas:

evidentemente al querer aproximar a la norma que rige la composición de la superaleación de base de níquel 50%Ni-50%Cr, se debe tomar en cuenta que aproximadamente el 95% de los componentes de esta aleación corresponde precisamente al níquel y el cromo, en partes casi proporcionales. Sin embargo en el transcurso del proceso de obtención de las coladas normalizadas, se pudo observar que era necesario repartir los otros elementos menores componentes de la aleación, de manera que el resultado sea mucho más aproximado a lo que exige la norma.

En este sentido se seleccionaron como materiales de aporte, en el caso del cromo con polvo de cromo puro, lo que no admitía mas presencia de otros elementos, para el níquel en cambio, se busco como materia prima los electrodos de níquel, con un contenido cercano al 97% de pureza, como se observa en la **Tabla 15**, con la particularidad que existía muchos elementos aleantes del estándar

ASTM A560, dentro del metal de aporte y del recubrimiento de estos electrodos, por lo que había que llegar a un punto en el cual, esto se convirtiese en una ventaja para completar los componentes de la norma. Las proporciones deberían considerar las pérdidas de peso de aproximadamente el 10% de la carga por fusión, y de esta manera preparar la carga necesaria para alcanzar los porcentajes deseados. Se puede establecer que el alto porcentaje de pérdidas se deben a la exposición directa de los metales a la acción del arco del electrodo, y por ende al efecto del plasma, lo cual significa alta temperatura, aunque para el caso específico, esta pérdida se toma a menos, comparada con el objetivo de llegar a la fusión de los metales.

**TABLA 15. COMPOSICIÓN DE ELECTRODOS DE NÍQUEL
USADOS COMO MATERIA PRIMA DE LAS COLADAS
NORMALIZADAS**

CÓDIGO	EQUIVAL.	TAMAÑO (mm.)	REVEST.	COMPOSICIÓN DEL ELECTRODO				
				C	Si	Mn	Fe	Ni
KL-100	D-7008	5	Grafito	3.16	6.27	0.42		
KCF-50	AWS A5.15, E	5		1.68	0.50	0.35		
KFN-50	AWS A5.15 Fe	5		0.80	0.36	1.45	Bal.	55.5
KSN-100	AWS A5.15 Ni	5		0.55	0.40	0.35	0.85	Bal.

Se escogió la cuarta opción (KSN-100), como electrodo que servirá como material de aporte, ya que contiene 97.85% de níquel, además de pequeñísimas cantidades de metales que coinciden con los componentes del ASTM A560, además de la presencia de un revestimiento de casi totalmente de grafito y otros elementos en proporciones muy pequeñas.

Se prepararon algunas combinaciones de cargas, en las que se obvió el revestimiento del electrodo de níquel, en otras se lo incluyó, en otros ensayos hubieron fundentes como vidrio y sílice (para actuar como inhibidores), además de los cambios tecnológicos del horno (revestimiento) y tiempo de exposición.

Posteriormente se procedió a realizar el análisis de la composición de las muestras, tanto por el método de absorción química, como por el método óptico con radiación. Y posteriormente se escogió un mejor resultado, al cuál se le hizo metalografías, tomando en cuenta el ataque electrolítico con el ácido crómico para comparar con los ensayos anteriores. De todos los ensayos a continuación presentamos los más significativos:

Colada Normalizada N° 3: compuesta por 45 g. de electrodo y su revestimiento, 45 g. de cromo en polvo, en horno descubierto, ver **figura 2.13.**



FIGURA 2.13. COLADA NORMALIZADA N° 3

Colada Normalizada N° 4: compuesta por 45 g. de electrodo sin revestimiento, 45 g. de cromo en polvo, en horno descubierto, ver **figura 2.14.**



FIGURA 2.14. COLADA NORMALIZADA N° 4

Colada Normalizada N° 5: compuesta por 45 g. de electrodo sin revestimiento, 45 g. de cromo en polvo, en horno descubierto y se usó un escoriante compuesto por sílice (2/3) y vidrio molido (1/3), ver **figura 2.15.**



FIGURA 2.15. COLADA NORMALIZADA N° 5

Colada Normalizada N° 6: compuesta por 45 g. de electrodo sin revestimiento, 45 g. de cromo en polvo, en horno revestido con fibra cerámica, ver **figura 2.16.**



FIGURA 2.16. COLADA NORMALIZADA N° 6

Colada Normalizada N° 7: compuesta por 45 g. de electrodo sin revestimiento, 45 g. de cromo en polvo, en horno desnudo, tiempo de exposición 10 minutos, ver **figura. 2.17.**



FIGURA 2.17. COLADA NORMALIZADA N° 7

Las variaciones que se fueron realizando, ya sea a la composición de la carga, a las características del horno, tiempo de exposición de la fusión, fueron configurando una serie de datos que al final, sirvieron para obtener la mejor aproximación a la norma. En la **Tabla 16**, se detallan los resultados de estas coladas normalizadas.

De las coladas normalizadas ensayadas, la que tiene una mayor aproximación a la norma, es la Colada Normalizada N° 7, sin embargo existen aún inconvenientes en cuanto a la composición, que aún guarda valores discordantes como es el caso del porcentaje de hierro,

que según la norma ASTM no debe exceder del 1%, sin embargo analizando las muestras tanto del patrón de calidad como las ensayadas, se halló que el porcentaje de hierro está presente entre un 2 y 3% del total, lo cual nos lleva a plantearnos sobre la confiabilidad de la norma, ya que como dijimos anteriormente entre los propios estándares tanto de fabricación como certificación, existen divergencias en cuanto a la composición química y también en cuanto tiene que ver con las propiedades mecánicas del material.

**TABLA 16. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN
DE LAS COLADAS NORMALIZADAS, MÉTODO DE ABSORCIÓN
QUÍMICA (AQ) Y MÉTODO ÓPTICO POR RADIACIÓN (OR)**

ELEM.	COLADA NORMALIZADA Nó 3		COLADA NORMALIZADA Nó 4		COLADA NORMALIZADA Nó 7	
	Absorción Química	Óptico Radiación	Absorción Química	Óptico Radiación	Absorción Química	Óptico Radiación
Ni	38.46	39.17	41.71	43.50	41.37	43.11
Cr	49.75	52.96	49.51	51.43	47.92	49.48
Mo		0.03				
Cu		0.70		0.78	0.18	0.22
Fe		3.30		2.21	1.93	2.26
Mn		0.74		0.48	0.13	0.56
V		1.59		0.93		0.80
Sn		0.08		0.01		
Zn		0.13		0.15	0.13	0.15
Co				0.30		0.14
Ti		0.94		0.15		0.24
Sb		0.03				
Nb		0.02				
Zr		0,09				
W		0.03				
Pd		0.03				

Volviendo a la colada normalizada N° 7, esta fue sujeta de un análisis minucioso, por medio del equipo óptico de radiación NITON, modelo xLi 818 (Ver **figura 2.18.**), y luego se procedió a realizar una análisis metalográfico para comparar con el patrón de calidad.

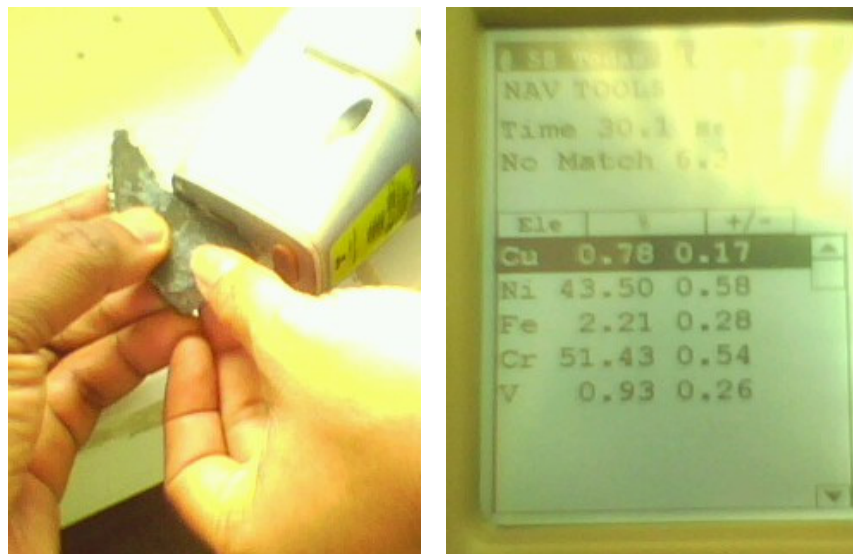


FIGURA 2.18. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA COLADA NORMALIZADA N° 7.

Tal como se hizo con el patrón de calidad, se procedió a realizar el ataque químico con ácido crómico H_2CrO_4 , previa preparación a partir del óxido de cromo y adición de agua. Luego de este procedimiento se hizo observaciones en varios lentes del microscopio (Ver **figura 2.19.**),

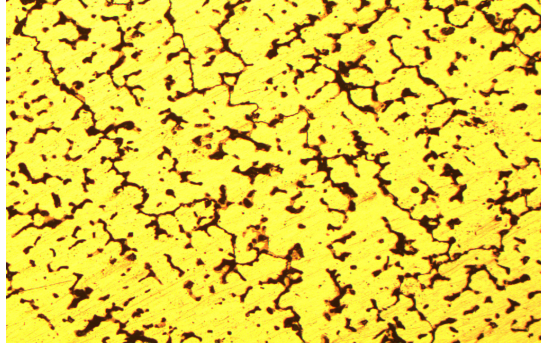
y se comparó con las metalografías de la muestra del patrón de calidad.



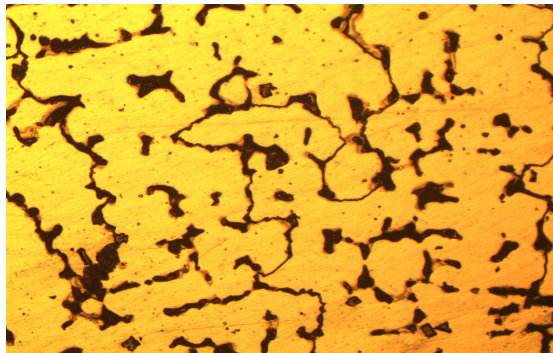
FIGURA 2.19. ATAQUE ELECTROQUÍMICO Y OBSERVACIÓN DE LA COLADA NORMALIZADA N6 7

En cuanto a las metalografías, se pueden apreciar la fase rica en cromo, comparando la fotografía con la **figura 2.19.**, procedente del Handbook ASM, que se había indicado. Sin embargo como ya se había adelantado es un poco difícil recrear las condiciones del material, ya que se desconoce los procesos de manufactura incidentes en el cambio de su forma estructural como se ve en la **figura 2.20.**

(a) Aumento 100x, ataque electroquímico, Acido crómico 1%



(b) Aumento 200x, ataque electroquímico, Acido crómico 1%



(c) Aumento 500x, ataque electroquímico, Acido crómico 1%

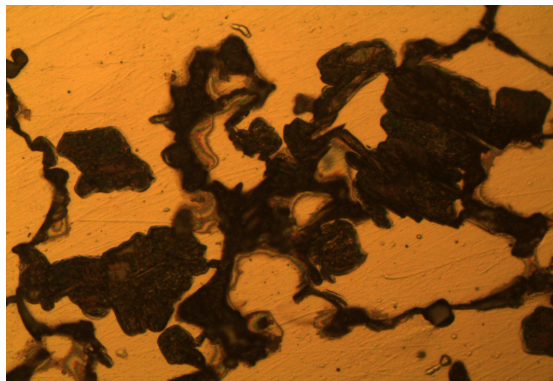


FIGURA 2.20. METALOGRAFIA DE COLADA NORMALIZADA N° 7, (a) 100X, (b) 200X, (c) 500X.

CAPITULO 3

3. EVALUACION DE LA ALEACIÓN ASTM, A-560

3.1. Evaluación Metalúrgica

En primera instancia el horno para microfusiones, como las mostradas en la **figura 3.1.**, tiene un carácter experimental, pero se ha demostrado a lo largo del presente su gran utilidad para poder hacer ensayos poco costosos y direccionados, que no podrían lograrse tan sencillamente en un horno de tamaño normal, con las implicaciones del material de carga necesario. Esto establece una técnica experimental que demostró eficiencia, rapidez, trabajo limpio y

un logro tecnológico, si consideramos que no contamos de información sobre otro laboratorio que haya usado esta técnica. En cuanto a las muestras en particular podemos observar algunas dificultades para poder establecer la norma indicada (ASTM A560), sin embargo se llegó a una aproximación bastante cercana a la norma, que entra a un espacio de confirmación de estándares, el cual no debiera ser subjetivo, pero como se argumentará mas adelante cae en ese espacio.



FIGURA 3.1. PROCESO DE FUNDICIÓN DE MUESTRA NORMALIZADA
ASTM A560

La muestra (colada) normalizada que se obtuvo es muy cercana a la norma, porque cumple desde el punto de vista metalúrgico con la mayoría de los parámetros, exceptuando el hierro, las otras proporciones no son relevantes. Sin embargo también se denota la imposibilidad de contar con los elementos constituyentes por separado, de tal forma que se puedan hacer las adiciones de elementos uno a uno, y en las proporciones expresas que manda la norma. Sin embargo con un poco de análisis de composición y algo de ingenio, se ha suplido esa carencia utilizando materiales como los electrodos de níquel, que contengan esos elementos en cantidades mínimas para que formen parte de la colada final.

Las metalografías revelan también otro inconveniente en cuanto tiene que ver con los patrones de comparación. No existen a disposición metalografías de los materiales para lograr patrones de comparación, de acuerdo a las normas buscadas y a los procesos metalúrgicos previos por los que ha pasado el material. Esta información es de carácter restringido y forma parte de ese conocimiento restringido que solo manejan las grandes industrias metalúrgicas y las agencias de normalización. De lo que se puede observar revelan una fase γ rica en cromo, así como algunas regiones interdentríticas. En cuanto al comportamiento a la temperatura, está definido básicamente por un

sistema binario de proporciones iguales para el níquel y el cromo, al analizar el diagrama de la **figura 3.2**.

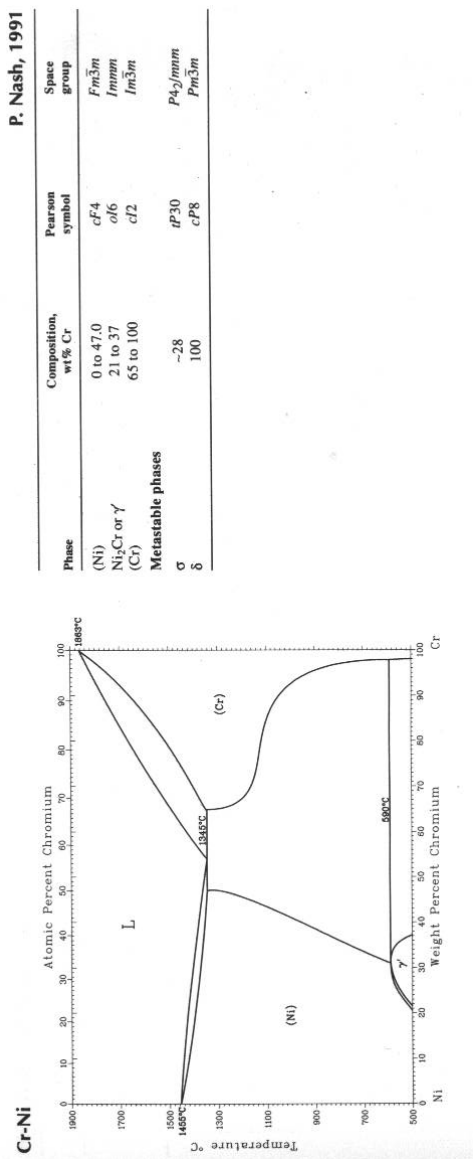


FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE FASE DE LA ALEACIÓN ASTM A560

En cuanto a la norma ASTM A560 (ver **Apéndices**), se encontró una pequeña variación alternativa, ya que la norma establece un A560-Nb que se diferencia del principal por la adición de niobio a la aleación, siempre en muy pequeña proporción y sin que afecte significativamente a los contenidos de los otros elementos participantes en la aleación.

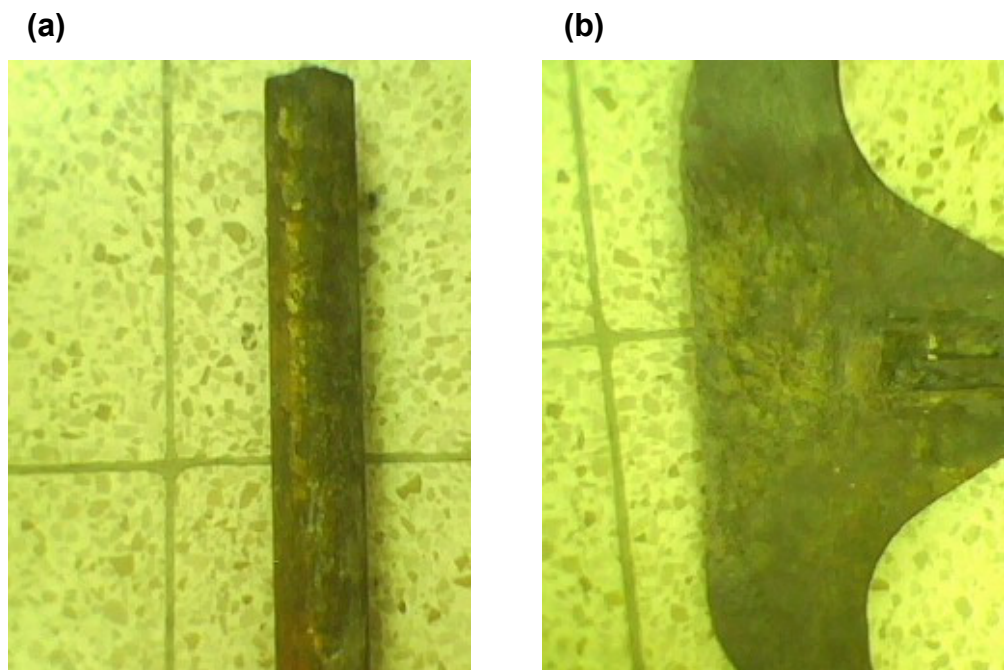


FIGURA 3.3. MUESTRA DE MATERIAL FALLADO POR SULFURIZACIÓN, REFINERIA DE ESMERALDAS, (a) TUBERIA, (b) SOPORTE DE ANCLAJE

Al revisar las muestras originales de material que había fallado por fluencia lenta, provenientes de la Refinería Estatal de Esmeraldas (Ver **Fig. 3.3.**), se pudo constatar muchas de las condiciones y parámetros establecidos en la primera parte de este trabajo

3.2. Evaluación Tecnológica

Desde el punto de vista tecnológico la normalización se cumplió en tanto y cuanto se aclare la presencia del hierro (Fe), en una proporción de mas del 1% (Norma ASTM, A560), encontrando en nuestro patrón de calidad y en todas las muestras normalizadas índices entre el 2 y 3% de la composición total. A pesar de este inconveniente los porcentajes mas amplios están conforme la norma, lo que establece un método más seguro y menos costoso, para poder calcular proporciones de elementos, en las composiciones normalizadas, de cualquier estándar. En estas circunstancias pareciera que la mayor complicación consiste precisamente, en los desacuerdos con las normas que poseen ya sean aleaciones con base cromo, o en su defecto aleaciones con base níquel, ya que el patrón de calidad tomado corresponde a un pedazo de soporte de los hornos de la refinería, es decir fue seleccionado, certificado y aprobado, dentro de un proceso para una función tan delicada como es el trabajo de la industria petroquímica.

Desde el punto de vista de la configuración de la aleación obtenida, podemos determinar que el ASTM A560, es una aleación altamente resistente (sino la mejor) al ataque corrosivo de atmósferas con contenido de azufre,

Al buscar la comparación para establecer los parámetros de la normalización, es necesario hacer una revisión de los estándares para delimitar diferencias (Ver **Apéndices**). Entre los estándares mas usados se encuentran: el sistema de designación de ASTM, SAE y el sistema de designación AISI, el sistema unificado UNS, el sistema de normalización canadiense CSA, el sistema europeo CEN y el sistema japonés JIS. De los cuales los mas extendidos son los dos primeros, con la variación de que el SAE-AISI es acogido por la empresa que presenta paralelamente especificaciones SAE-AISI y su nombre comercial INCONEL e INCOCLAD, para denominar a sus productos.

En el caso de la muestra tomada de la Refinería Estatal de Esmeraldas, se hizo una revisión técnica de los ensayos y pruebas de composición química hecha a varios lotes de productos entregados por firmas extranjeras (mexicanas y argentinas), y se notó que no pasaban la norma ASTM A560, tenían el mismo problema con el

porcentaje de hierro (Ver **Apéndices**), lo que explica el porque el patrón de calidad tomado contenía ese nivel de error, en cuanto al contenido de hierro. Habría que establecer si esta adición en contenido de hierro, tiene algún tipo de relación con la falla del material, o si su incidencia es marginal.

La investigación desarrollada, es sin lugar a dudas una muestra de desarrollo tecnológico a través de la obtención de aleaciones normalizadas, y nos abre una pequeña puerta a un mundo ilimitado de posibles soluciones tecnológicas de difícil acceso en nuestro país, no es un trabajo terminado, en el sentido de que tiene mucho potencial para desarrollar otro tipo de experiencias que conlleven a alternativas y combinaciones valideras para aportar a la industria.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. La aleación normalizada obtenida es muy similar al patrón de calidad referido en cuanto al porcentaje de cromo y níquel a pesar de presentar contenido del hierro en exceso, sin embargo esta investigación llega a determinar que si es posible hacer muestras normalizadas en pequeñas cantidades.
2. El horno experimental para fusiones, ha demostrado ser útil como herramienta de investigación, en el campo de la elaboración de

aleaciones de alto punto de fusión y señala un camino de desarrollo de trabajo experimental, abonando a favor de la liberación tecnológica ya se ha demostrado que no es necesario adquirir un equipo sofisticado y de alto costo. El equipo es muy didáctico y sencillo de manipular, lo que conlleva a establecer una utilidad en el proceso enseñanza-aprendizaje de los procesos de fusión.

3. El proceso de formulación, diseño, desarrollo y evaluación de microfusiones para obtener muestras normalizadas, crea una forma de metodología experimental certera, repetible, rápida y de bajo costo.
4. La producción de investigación en este campo de aleaciones de alto punto de fusión será beneficiada por el presente estudio, puesto que ha demostrado que con coladas de poco peso y tiempos inferiores a 10 minutos, se tienen los mismos resultados que a nivel industrial.

Recomendaciones:

1. Puesto que en el medio es difícil encontrar materias primas originales para hacer aleaciones, la consecución de material usado y reciclable es una opción válida y que beneficia al ambiente. El reciclaje de metales pesados es un sistema de producción limpia, que podría

perfectamente aplicarse en empresas como la Refinería Estatal de Esmeraldas y otras refinerías para bajar costos de mantenimiento.

2. La aceptación de materiales normalizados por las empresas estatales es un asunto que requiere mucha atención, en el momento de ellos emitir un criterio de aprobación, se tiene un problema muy serio dada la poca experiencia de los operadores de los equipos para realizar análisis químico, sumado al poco uso de normas que definen las aleaciones especiales, son circunstancias que ponen al productor nacional en condiciones desfavorables para la aceptación de sus productos.

BIBLIOGRAFIA

1. ASM INTERNATIONAL, "Handbook of Comparative World Steel Standards", DS67A 2nd Edition, John E. Bringas, Editor, 2002.
2. ASM INTERNATIONAL, "Handbook Volumen 9, Metallography and Microstructures", (1992).
3. ASM INTERNATIONAL, "Heat Resistant Materials", Edición Especial, Edition J. R. Davis, Editor, (1997)
4. ASM, "Metallurgy, processing and properties of superalloys" Heat Resistant Materials pp 5-69, 219-254, ASM Materials Park Ohio (1997).
5. ATXAGA G, ERAUZKIN E. E IRISARRI A. M. "Análisis microestructural de dos superaleaciones base níquel moldeadas" 1ª Jornada de Metalografía. San Sebastián, Marzo (2000).

6. BOYER E., "Atlas of Creep and Stress Rupture Curves", ASM International, (1988).
7. DOUGLAS SKOOG AND JAMES LEARY, "Análisis Instrumental", Cuarta edición Mc Graw Hill, (1994).
8. DURAND-CHARRE MADELEINE, "The microstructure of superalloys", CRC Press,(1998).
9. FATTORI H. Y GUTTMANN V. "Creep studies of intermetallic alloys" The Materials Challenge, Norton (1994).
10. IRISARRI A. M. "Cinética del envejecimiento de algunas aleaciones del sistema Ni – Al a temperaturas elevadas" Tesis Doctoral. E. S. Ingenieros Industriales, San Sebastián (1980).
11. VISWANATHAN R. Damage Mechanisms and Life Assessment of High Temperature Components. ASM International. Materials Park Ohio (1989)
12. WILLARD, H., MERRIT, "Métodos instrumentales de análisis", Grupo Editorial Iberoamericana, Mexico, (1991).

APÉNDICES

Apéndice A: Norma ASTM A-560

Apéndice B: Suplemento de Pruebas Especiales ASTM A-560

Apéndice C: Cartilla Técnica IN-657

Apéndice D: Especificaciones INCOCLAD 671 (INCONEL)

Apéndice E: Especificaciones Máquina de Soldar INFRA

Apéndice F: Especificaciones Fibra Cerámica

Apéndice G: Standard Metals Designations

Apéndice H: Especificaciones Analizador NILTON, XRF, xLi

Apéndice I: Resultados de Análisis Químico EPN

Apéndice J: Refinería Estatal de Esmeraldas, Informe Técnico de material IN-657 (A560). Agosto-2009.

Apéndice K: Refinería Estatal de Esmeraldas, Informe Técnico de material ASTM A560. Febrero-2009.

STANDARD METAL DESIGNATIONS

7-4. GENERAL

The numerical index system for the classification of metals and their alloys has been generally adopted by industry for use on drawings and specifications. In this system, the class to which the metal belongs, the predominant alloying agent, and the average carbon content percentage are given.

7-5. STANDARD DESIGNATION SYSTEM FOR STEEL

a. Numbers are used to designate different chemical compositions. A four-digit number series designates carbon and alloying steels according to the types and classes shown in table 7-8. This system has been expanded, and in some cases five digits are used to designate certain alloy steels.

Table 7-8. Standard Steel and Steel Alloy Number Designations

Series Designation	Types and Classes
10xx	Non-resulfurized carbon steel grades (plain carbon steel)
11xx	Resulfurized carbon steel grades (free cutting carbon steel)
13xx	Manganese 1.75%
20xx	Nickel steels
23xx	Nickel 3.50%
25xx	Nickel 5.00%
30xx	Nickel-chromium steels*
31xx	Nickel 1.25%-chromium 0.65 or 0.80%
33xx	Nickel 3.50%-chromium 1.55%
40xx	Molybdenum 0.25%
41xx	Chromium 0.50-0.95%-molybdenum 0.12 or 0.20%
43xx	Nickel 1.80%-chromium 0.50 or 0.80%-molybdenum 0.25%*
46xx	Nickel 1.55 or 1.80%-molybdenum 0.20 or 0.25%
47xx	Nickel 1.05%-chromium 0.45%-molybdenum 0.25%*
48xx	Nickel 3.50%-molybdenum 0.25%
50xx	Chromium 0.28 or 0.40%
51xx	Chromium 0.80, 0.90, 0.95, 1.00 or 1.05%
5xxxx	Carbon 1.00%-chromium 0.50, 1.00, or 1.45%
60xx	Chromium-vanadium steels
61xx	Chromium 0.80 or 0.95%-vanadium 0.10 or 0.15% min
70xx	Heat resisting casting alloys
80xx	Nickel-chrome-molybdenum steels*
86xx	Nickel 0.55%-chromium 0.50 or 0.65%-molybdenum 0.20%
87xx	Nickel 0.55%-chromium 0.50%-molybdenum 0.25%
90xx	Silicon-manganese steels
92xx	Manganese 0.85%-silicon 2.00%
93xx	Nickel 3.25%-chromium 1.20%-molybdenum 0.12%
94xx	Manganese 1.00%-nickel 0.45%-chromium 0.40%-molybdenum 0.12%
97xx	Nickel 0.55%-chromium 0.17%-molybdenum 0.20%
98xx	Nickel 1.00%-chromium 0.80%-molybdenum 0.25%*

*Stainless steels always have a high chromium content, often considerable amounts of nickel, and sometimes contain molybdenum and other elements. Stainless steels are identified by a three-digit number beginning with 2, 3, 4, or 5.

b. Two letters are often used as a prefix to the numerals. The letter C indicates basic open hearth carbon steels, and E indicates electric furnace carbon and alloy steels. The letter H is sometimes used as a suffix to denote steels manufactured to meet hardenability limits.

c. The first two digits indicate the major alloying metals in a steel, such as manganese, nickel-chromium, and chrome-molybdenum.

d. The last digits indicate the approximate middle of the carbon content range in percent. For example, 0.21 indicates a range of 0.18 to 0.23 percent carbon. In a few cases, the system deviates from this rule, and some carbon ranges relate to the ranges of manganese, sulfur, phosphorous, chromium, and other elements.

e. The system designates the major elements of a steel and the approximate carbon range of the steel. It also indicates the manufacturing process used to produce the steel. The complete designation system is shown in table 7-9.

Table 7-9. AISI-SAE Numerical Designation of Carbon and Alloy Steels

Carbon Steels					
SAE No.	C	Mn	P Max	S Max	AISI Number
-	0.06 max	0.35 max	0.040	0.050	C1005
1006	0.08 max	0.25-0.40	0.040	0.050	C1006
1008	0.10 max	0.25-0.50	0.040	0.050	C1008
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	C1010
-	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	C1012
-	0.11-0.16	0.50-0.80	0.040	0.050	C1013
1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050	C1015
1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050	C1016
1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050	C1017
1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050	C1018

f. The number 2340 by this system indicates a nickel steel with approximately 3 percent nickel and 0.40 percent carbon. The number 4340 indicates a nickel-chrome-molybdenum metal with 0.40 percent carbon.

S. A. E. Steel Specifications

The following numerical system for identifying carbon and alloy steels of various specifications has been adopted by the Society of Automotive Engineers.

COMPARISION

A.I.S.I.--S.A.E. Steel Specifications

The ever-growing variety of chemical compositions and quality requirements of steel specifications have resulted in several thousand different combinations of chemical elements being specified to meet individual demands of purchasers of steel products.

The S.A.E. developed a system of nomenclature for identification of various chemical compositions which symbolize certain standards as to machining, heat treating, and carburizing performance. The American Iron and Steel Institute has now gone further in this regard with a new standardization setup with similar nomenclature, but with restricted carbon ranges and combinations of other elements which have been accepted as standard by all manufacturers of bar steel in the steel industry. The Society of Automotive Engineers have, as a result, revised most of their specifications to coincide with those set up by the American Iron and Steel Institute.

PREFIX LETTERS

- No prefix for basin open-hearth alloy steel.
- (B) Indicates acid Bessemer carbon steel.
- (C) Indicates basic open-hearth carbon steel
- (E) Indicates electric furnace steel.

NUMBER DESIGNATIONS

- (10XX series) Basic open-hearth and acid Bessemer carbon steel grades, non-sulfurized and non-phosphorized.
- (11XX series) Basic open-hearth and acid Bessemer carbon steel grades, sulfurized but not phosphorized.
- (1300 series) Manganese 1.60 to 1.90%
- (23XX series) Nickel 3.50%
- (25XX series) Nickel 5.0%
- (31XX series) Nickel 1.25%-chromium 0.60%
- (33XX series) Nickel 3.50%-chromium 1.60%
- (40XX series) Molybdenum
- (41XX series) Chromium molybdenum
- (43XX series) Nickel-chromium-molybdenum
- (46XX series) Nickel 1.65%-molybdenum 0.25%
- (48XX series) Nickel 3.25%-molybdenum 0.25%
- (51XX series) Chromium
- (52XX series) Chromium and high carbon
- (61XX series) Chromium vanadium
- (86XX series) Chrome nickel molybdenum
- (87XX series) Chrome nickel molybdenum
- (92XX series) Silicon 2.0%-chromium
- (93XX series) Nickel 3.0%-chromium-molybdenum
- (94XX series) Nickel-chromium-molybdenum
- (97XX series) Nickel-chromium-molybdenum
- (98XX series) Nickel-chromium-molybdenum

7-6. STANDARD DESIGNATION SYSTEM FOR ALUMINUM AND ALUMINUM ALLOYS

- a. Currently, there is no standard designation system for aluminum castings. Wrought aluminum and aluminum alloys have a standard four-digit numbering system.
- b. The first digit represents the major alloying element.
- c. The second digit identifies alloy modifications (a zero means the original alloy).
- d. The last two digits serve only to identify different aluminum alloys which are in common commercial use, except in the 1XXX class. In the 1XXX class, the last two digits indicate the aluminum content above 99 percent, in hundredths of one percent.
- e. In number 1017, the 1 indicates a minimum aluminum composition of 99 percent; the 0 indicates it is the original composition; and the 17 indicates the hundredths of one percent of aluminum above the 99 percent minimum composition. In this example, the aluminum content is 99.17 percent.
- f. In number 3217, the 3 indicates a manganese aluminum alloy; the 2 indicates the second modification of this particular alloy; and the 17 indicates a commonly used commercial alloy.
- g. The various classes of aluminum and aluminum alloys are identified by numbers as shown in table 7-10.

Table 7-10. Standard Aluminum and Aluminum Alloy Number Designations

Major alloying element	Number
Aluminum (99% minimum)	1XXX
Copper	2XXX
Manganese	3XXX
Silicon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium-silicon	6XXX
Zinc	7XXX
Other element	8XXX
Unused class	9XXX

7-7. STANDARD DESIGNATION SYSTEM FOR MAGNESIUM AND MAGNESIUM ALLOYS

a. Wrought magnesium and magnesium alloys are identified by a combination of letters and numbers. The letters identify which alloying elements were used in the magnesium alloy (table 7-11). Numbers, which may follow the letters, designate the percentage of the elements in the magnesium alloy. There may be an additional letter following the percentage designators which indicates the alloy modifications. For example, the letter A means 1; B means 2; and C means 3.

Table 7-11. Letters Used to Identify Alloying Elements in Magnesium Alloys

Letter	Alloying Element
A	Aluminum
B	Bismuth
C	Copper
D	Cadmium
E	Rare earth
F	Iron
H	Thorium
K	Zirconium
L	Beryllium
M	Manganese
N	Nickel
P	Lead
Q	Silver
R	Chromium
S	Silicon
T	Tin
Z	Zinc

b. In the identification number AZ93C, the A indicates aluminum; the Z indicates zinc; the 9 indicates there is 9 percent aluminum in the alloy; the 3 indicates there is 3 percent zinc in the alloy; and the C indicates the third modification to the alloy. The first digit, 9 in this example, always indicates the percentage of the first letter, A in this example. The second digit gives the percentage of the second letter (table 7-12).

Table 7-12. Composition of Magnesium Alloys

Alloy	NOMINAL COMPOSITION--PERCENT						Magnesium
	Aluminum	Manganese	Zinc	Zirconium	Rare earths	Thorium	
Sand and permanent mold castings							
AZ92A	9.0	0.15	2.0	-	-	-	Balance
AZ63A	6.9	0.25	3.0	-	-	-	Balance
AZ81A	7.6	0.13 min.	0.7	-	-	-	Balance
AZ91C	8.7	0.20	0.7	-	-	-	Balance
EK30A	-	-	-	0.35	3.0	-	Balance
EK41A	-	-	-	0.6	4.0	-	Balance
EZ33A	-	-	2.7	0.7	3.0	-	Balance
HK31A	-	-	-	0.7	-	3.0	Balance
HZ32A	-	-	2.1	0.7	-	3.0	Balance
Die castings							
AZ91A	9.0	0.20	0.6	-	-	-	Balance
Extrusions							
AZ31B	3.0	0.45	1.0	-	-	-	Balance
AZ31C	6.5	0.30	1.0	-	-	-	Balance
M1A	-	1.50	-	-	-	-	Balance
AZ80A	8.5	0.25	0.5	-	-	-	Balance
ZK60A	-	-	5.7	0.55	-	-	Balance
Sheet and plate							
AZ31B	3.0	0.45	1.0	-	-	-	Balance
HK31A	-	-	-	0.7	-	3.0	Balance

Per ASTM B275 magnesium alloys (abridged).

c. Temper designations may be added to the basic magnesium designation, the two being separated by a dash. The temper designations are the same as those used for aluminum.

7-8. STANDARD DESIGNATION SYSTEM FOR COPPER AND COPPER ALLOYS

a. There are over 300 different wrought copper and copper alloys commercially available. The Copper Development Association, Inc., has established an alloy designation system that is widely accepted in North America. It is not a specification system but rather a method of identifying and grouping different coppers and copper alloys. This system has been updated so that it now fits the unified numbering system (UNS). It provides one unified numbering ring system which includes all of the commercially available metals and alloys. The UNS designation consists of the prefix letter C followed by a space, three digits, another space, and, finally, two zeros.

b. The information shown by table 7-13 is a grouping of these copper alloys by common names which normally include the constituent alloys. Welding information for those alloy groupings is provided. There may be those alloys within a grouping that may have a composition sufficiently different to create welding problems. These are the exception, however, and the data presented will provide starting point guidelines. There are two categories, wrought materials and cast materials. The welding information is the same whether the material is cast or rolled.

Table 7-13. Copper and Copper Alloy Designation System

Copper Number	Wrought Alloys-Groups
C11X00	Oxygen free-high conductivity copper (99.95 + %)
C11X00 C12X00 C13X00	Tough pitch copper (99.88 + %)
C19X00	High copper alloys (96 + % copper)
C2XX00	Copper-zinc-alloys (brasses)
C3XX00	Copper-zinc-lead alloys (lead brasses)
C4XX00	Copper-zinc-tin alloys (tin brasses)
C50X00 C51X00 C52X00	Copper-tin alloys (phosphor bronzes)
C53X00 C54X00	Copper-tin-lead alloys (lead phosphor bronzes)
C61X00 C62X00 C63X00	Copper-aluminum alloys (aluminum bronzes)
C64X00 C65X00	Copper-silicon alloys (silicon bronzes)
C66X00 C67X00 C68X00 C69X00	Copper-zinc alloys (misc. brasses & bronzes)

Table 7-13. Copper and Copper Alloy Designation System (cont)

C70X00 C71X00 C72X00	Copper-nickel alloys
C73X00 C74X00 C75X00 C76X00 C77X00 C78X00 C79X00	Copper-nickel-zinc alloys (nickel silvers)
	Cast Alloys--Groups
C80X00	Copper alloys (99 + % copper)
C81X00 C82X00	High copper alloys (beryllium copper)
C83X00	Copper-tin-zinc + copper-tin-zinc-lead alloys (red brasses and leaded RB)
C84X00	Semi-red brasses and leaded semi-red brasses
C85X00	Yellow brasses and leaded yellow brasses
C86X00	Manganese and leaded manganese bronze alloys
C87X00	Copper-zinc-silicon alloys (silicon bronzes and brasses)
C90X00 C91X00	Copper-tin alloys (tin bronzes)
C92X00	Copper-tin-lead alloy (leaded tin bronze)
C93X00	Copper-tin-lead alloy (high leaded tin bronze)

7-9. STANDARD DESIGNATION SYSTEM FOR TITANIUM

There is no recognized standard designation system for titanium and titanium alloys. However, these compositions are generally designated by using the chemical symbol for titanium, Ti, followed by the percentage number(s) and the chemical symbol(s) of the alloying element(s). For example, Ti-5 Al-2.5 Sn would indicate that 5 percent aluminum and 2-1/2 percent tin alloying elements are present in the titanium metal.



Designation: A560/A560M–93 (Reapproved 1998)05

Standard Specification for Castings, Chromium-Nickel Alloy¹

This standard is issued under the fixed designation A560/A560M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

1.1 This specification covers chromium-nickel alloy castings intended for heat-resisting and elevated-temperature corrosion applications, such as structural members, containers, supports, hangers, spacers, and the like, in corrosive environments up to 2000°F [1090°C].

1.2 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the test, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

A370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

A781/A781M Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use

3. General Conditions for Delivery

3.1 Material furnished to this specification shall conform to the requirements of Specification A781/A781M/A-781M, including any supplementary requirements that are indicated in the purchase order. Failure to comply with the general requirements of Specification A781/A781M/A-781M constitutes nonconformance with this specification. In case of conflict between the requirements of this specification and Specification A781/A781M/A-781M, this specification shall prevail.

4. Ordering Information

4.1 The purchaser should specify the alloy grade desired and whether tension tests are required, and shall include standards of acceptance where necessary.

5. Materials and Manufacture

5.1 *Process*—The alloy for the castings shall be made by the electric-arc or induction-furnace process unless otherwise agreed upon between the manufacturer and the purchaser. Castings may be poured in sand, shell, investment, or centrifugal molds.

5.2 *Heat Treatment*—Castings may be shipped in the as-cast condition. If heat treatment is required, the treatment shall be established by mutual consent between the manufacturer and purchaser and shall be so specified in the inquiry, purchase order, or contract.

6. Chemical Composition

6.1 The castings shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

7. Tensile Properties

7.1 Tensile properties, if required, of the alloy used for the castings shall conform to the requirements prescribed in Table 2.

7.2 Tension tests, if required, shall be performed in accordance with Test Methods and Definitions A370.

8. Test Specimens

8.1 Test specimens, if required, shall be prepared in accordance with Test Methods and Definitions A370. Test bars shall be poured in special blocks from the same heat as the castings represented. Test bars, if required, shall be furnished in sufficient

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.18 on Castings.

Current edition approved Dec. 15, 1993; May 1, 2005. Published February 1994; May 2005. Originally published as A 560–66 approved in 1966. Last previous edition approved in 1998 as A560–893(1998).

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards*—Vol 01.03—volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

***A Summary of Changes section appears at the end of this standard.**

TABLE 1 Chemical Requirements^A

Element	Composition, %		
	Grade		
	50 Cr-50 Ni	60 Cr-40 Ni	50 Cr-50 Ni-Cb (R20501)
	50 Cr-50 Ni (R20500)	60 Cr-40 Ni (R20600)	50 Cr-50 Ni-Cb (R20501)
Carbon, max	0.10	0.10	0.10
Manganese, max	0.30	0.30	0.30
Silicon, max	1.00	1.00	0.50
Sulfur, max	0.02	0.02	0.02
Phosphorus, max	0.02	0.02	0.02
Nitrogen, max	0.30	0.30	0.16
Nitrogen + Carbon, max	...	...	0.20
Iron, max	1.00	1.00	1.00
Titanium, max	0.50	0.50	0.50
Aluminum, max	0.25	0.25	0.25
Columbium	...	...	1.4–1.7
Chromium	48.0–52.0	58.0–62.0	47.0–52.0
Nickel	balance	balance	balance

^AThe total of the nickel, chromium, and columbium contents must exceed 97.5%.

TABLE 2 Room Temperature Tensile and Charpy Requirements

	50 Cr-50 Ni	60 Cr-40 Ni	50 Cr-50 Ni-Cb (R20501)
	50 Cr-50 Ni	60 Cr-40 Ni	50 Cr-50 Ni-Cb
Tensile strength, min, ksi [MPa]	80 [550]	110 [760]	80 [550]
Yield point, min, ksi [MPa]	50 [340]	85 [590]	50 [345]
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	5.0	...	5.0
Impact, unnotched, Charpy, min, ft-lbf [J]	50 [78]	10 [14]	...

number to furnish specimens for the test required in Section 9.

8.2The test coupons shall be cast from the same melt from which the castings they represent are poured, and shall represent the full melting practice. Chemical composition of the test coupons shall conform to the requirements prescribed in Table 1.

8.3Tension test specimens shall be machined to the form and dimensions of the standard round 2-in. [50-mm] gage length specimen shown in Fig. 4 of Test Methods and Definitions A370.

8.4Impact test specimens shall conform to the length and cross section dimensions of the specimens shown in Fig. 10 of Test Methods and Definitions A370. The impact specimens are to be broken unnotched.

9. Number of Tests and Retests

9.1*Tension Test*—One tension test, if required, shall be made from each melt.

9.2*Impact Test*—One unnotched Charpy impact test, if required, shall be made from each melt.

9.3*Retests*:

9.3.1Retest of a duplicate specimen will be allowed if the results of the mechanical tests for any lot do not conform to the requirements specified in Table 2.

9.3.2If the percentage of elongation of any tension test specimen is less than specified in Table 2 and any part of the fracture is more than $\frac{3}{4}$ in. [19.0 mm] from the center of the gage length, as indicated by scribe scratches marked on the specimen before testing, a retest shall be allowed.

10. Keywords

10.1chromium-nickel alloys; corrosion; high temperature applications; steel castings



SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirements shall not apply unless specified in the purchase order. A list of standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser is included in Specification A781/A781M/~~A 781M~~. Those which are ordinarily considered suitable for use with this specification are given below. Others enumerated in Specification A781/A781M/~~A 781M~~ may be used with this specification upon agreement between the manufacturer and the purchaser.

S2. Radiographic Examination

S3. Liquid Penetrant Examination



S8. Marking

SUMMARY OF CHANGES

Committee A01 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue, A560/A560M-93(1998), that may impact the use of this standard. (Approved May 1, 2005.)

(1) Added UNS numbers for 50 Cr-50 Ni and 60 Cr-40 Ni in Table 1.

(2) Deleted UNS number for 50 Cr-50 Ni-Cb in Table 2.



ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Ceramic Fiber Board



NUTEC Fibratec* ceramic fiber board is a lightweight refractory material processed with alumina silica fibers for applications at temperatures up to 1650 °C (3000 °F).

NUTEC Fibratec* board is a vacuum formed product that resists higher gas velocities than ceramic fiber blanket. It is ideal for furnace, boiler duct and stack lining due to its low thermal conductivity and low heat storage allowing shorter cycle times and quicker access for maintenance.

Features

- > Low thermal conductivity, saves fuel.
- > Very low heat storage, faster heat and cool-down reducing cycle times.

- > Light weight-replaces heavy back-up insulations, less steel required.
- > Excellent thermal shock resistance.
- > Resistant to hot gas erosion.
- > Resists most chemical attacks.
- > Easy to cut, handle and install.
- > Low sound transmission.
- > Resists penetration by molten aluminum and other non ferrous metals.
- > Contains no asbestos.

Typical Applications

- > Refractory lining for industrial furnaces in walls, roofs, doors, stacks, etc.

- > Combustion chamber liners, boilers and heaters.
- > Back-up insulation for brick and monolithic refractories.
- > Transfer of molten aluminum and other non ferrous metals.
- > Expansion joint boards.
- > Barrier against flame or heat.
- > Hot face layer for high velocity or abrasive furnace atmosphere.

	LD-2300	LD-2600	LD-2800	LD-3000	MD-2300	MD-2600	MD-3000	HD-2300	HD-2600	HD-3000	INORGANIC	LD -CLOSE TOLERANCE	13mm MD - CLOSE TOLERANCE
Technical Specifications													
Use Temperature													
Maximum Use °C	1260	1425	1538	1650	1260	1425	1650	1260	1425	1650	1260	1260	1260
(°F)	(2300)	(2600)	(2800)	(3000)	(2300)	(2600)	3000	(2300)	(2600)	3000	(2300)	(2300)	(2300)
Continuous Use °C	1149	1316	1425	1540	1149	1316	1540	1149	1316	1540	1149	1149	1149
(°F)	(2100)	(2400)	(2600)	(2800)	(2100)	(2400)	(2800)	(2100)	(2400)	(2800)	(2100)	(2100)	(2100)
Melting Point °C	1732	1780	1850	1815	1732	1780	1815	1732	1780	1815	1732	1732	1732
(°F)	(3150)	(3236)	(3362)	(3300)	(3150)	(3236)	(3300)	(3150)	(3236)	(3300)	(3150)	(3150)	(3150)
Density													
lbs./ ft3	16 - 20	16 - 20	16 - 20	16 - 20	21 - 25	21 - 25	21 - 25	26 - 30	26 - 30	26 - 30	16 - 20	16-20	21 - 24
(Kg / m3)	(256-320)	(256-320)	(256-320)	(256-320)	(336-400)	(336-400)	(336 - 400)	(416-480)	(416-480)	(416-480)	(256-320)	(260 - 300)	(340-380)
Thermal Shrinkage (%) 24Hrs.@1200 °C (2200 °F)													
	2 - 3	2 - 3	1 - 2	@1540°C (2800°F) < 4	1 - 2	1 - 2	@1540°C (2800°F) < 4	1 - 2	1 - 2	@1540°C (2800°F) < 4	1 - 2	2-3	2-3
Thermal Conductivity W/m °K (BTU in/hr ft2 °F)													
316 °C (600°F)	0.07 (0.5)	0.07 (0.5)	0.07 (0.5)	0.07 (0.5)	0.09 (0.6)	0.09 (0.6)	0.09(0.6)	0.13(0.9)	0.13(0.9)	0.13(0.9)	0.07(0.5)	0.07 (0.5)	0.09 (0.6)
538 °C (1000°F)	0.09 (0.6)	0.09 (0.6)	0.09 (0.6)	0.09 (0.6)	0.10 (0.7)	0.10 (0.7)	0.12(0.8)	0.15(1.0)	0.15(1.0)	0.15(1.0)	0.09(0.6)	0.09 (0.6)	0.10 (0.7)
760 °C (1400°F)	0.12 (0.8)	0.12 (0.8)	0.12 (0.8)	0.14 (0.9)	0.13 (0.9)	0.13 (0.9)	0.15(1.0)	0.17(1.2)	0.17(1.2)	0.17(1.2)	0.12(0.8)	0.12 (0.8)	0.13 (0.9)
1094 °C (2000°F)	0.17 (1.2)	0.17 (1.2)	0.17 (1.2)	0.20 (1.3)	0.17 (1.2)	0.17 (1.2)	0.21(1.4)	0.20(1.4)	0.20(1.4)	0.20(1.4)	0.18(1.2)	0.18 (1.2)	0.17 (1.2)
Chemical Analysis (%)													
Al2O3	39 - 41	48 - 50	63 - 65	63 - 65	45 - 47	52 - 54	71 - 73	43 - 45	52 - 54	71 - 73	39 - 41	47 - 49	47-49
SiO2	52 - 54	45 - 47	32 - 34	35 - 37	44 - 46	43 - 45	27 - 29	47 - 49	41 - 43	27 - 29	52 - 54	50-52	50-52
Others	2 - 3	1 - 2	1 - 2	--	2 - 3	3 - 4	--	2 - 3	5 - 7	--	<1	<2	<2
P.P.I	4 - 6	4 - 6	5 - 6	4 - 6	4 - 5	4 - 5	4 - 6	4 - 5	4 - 5	4 - 6	4 - 6	4-6	4-5
Fiber Diameter (mm)	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 3	2 - 4	2 - 4	2 - 3	2 - 4	2 - 4	2 - 3	2 - 3	2-4	2-4

Board Dimensions

	Standard	European
Thickness:	1/2", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3"	10, 12.5, 25, 38, and 50 mm.
Width:	12", 24"	610 and 1000 mm.
Length:	36", 48"	1000 and 1200 mm.

2600 Chinese boards contains zirconia.

NOTE: special densities and dimensions available upon request. All data represents typical results of standard tests conducted under controlled conditions. As such, the information is intended only as a general guide for specification and design estimates. This information should be used for specification purpose.

ASTM Standards Reference

A1-00 Standard Specification for Carbon Steel Tee Rails

A2-02 Standard Specification for Carbon Steel Girder Rails of Plain, Grooved, and Guard Types

A3-01 Standard Specification for Steel Joint Bars, Low, Medium, and High Carbon (Non-Heat-Treated)

A6/A6M-03 Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling

A20/A20M-02 Standard Specification for General Requirements for Steel Plates for Pressure Vessels

A27/A27M-03 Standard Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application

A29/A29M-99e1 Standard Specification for Steel Bars, Carbon and Alloy, Hot-Wrought and Cold-Finished, General Requirements for

A31-00 Standard Specification for Steel Rivets and Bars for Rivets, Pressure Vessels

A34/A34M-01 Standard Practice for Sampling and Procurement Testing of Magnetic Materials

A36/A36M-02 Standard Specification for Carbon Structural Steel

A47/A47M-99 Standard Specification for Ferritic Malleable Iron Castings

A48/A48M-00 Standard Specification for Gray Iron Castings

A49-01 Standard Specification for Heat-Treated Carbon Steel Joint Bars, Microalloyed Joint Bars, and Forged Carbon Steel Compromise Joint Bars

A53/A53M-02 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless

A65-01 Standard Specification for Steel Track Spikes

A66-01 Standard Specification for Steel Screw Spikes

A67-00 Standard Specification for Steel Tie Plates, Low-Carbon and High-Carbon Hot-Worked

A74-03 Standard Specification for Cast Iron Soil Pipe and Fittings

A82-02 Standard Specification for Steel Wire, Plain, for Concrete Reinforcement

A90/A90M-01 Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Iron and Steel Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coatings

A99-82(2000) Standard Specification for Ferromanganese

A100-93(2000) Standard Specification for Ferrosilicon

A101-93(2000) Standard Specification for Ferrochromium

A102-93(2000) Standard Specification for Ferrovanadium

A105/A105M-02 Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications

A106-02a Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service

A108-99 Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Cold-Finished, Standard Quality

A109/A109M-00e1 Standard Specification for Steel, Strip, Carbon (0.25 Maximum Percent), Cold-Rolled

A111-99a Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) "Iron" Telephone and Telegraph Line Wire

A116-00 Standard Specification for Metallic-Coated, Steel Woven Wire Fence Fabric

A121-99 Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Barbed Wire

A123/A123M-02 Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products

A125-96(2001) Standard Specification for Steel Springs, Helical, Heat-Treated

A126-95(2001) Standard Specification for Gray Iron Castings for Valves, Flanges, and Pipe Fittings

A128/A128M-93(2003) Standard Specification for Steel Castings, Austenitic Manganese

A131/A131M-01 Standard Specification for Structural Steel for Ships

A132-89(2000) Standard Specification for Ferromolybdenum

A134-96(2001) Standard Specification for Pipe, Steel, Electric-Fusion (Arc)-Welded (Sizes NPS 16 and Over)

A135-01 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe

A139-00 Standard Specification for Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)

A143/A143M-03 Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement

A144-02 Specification for Ferrotungsten

A146-64(2000) Standard Specification for Molybdenum Oxide Products

A148/A148M-03 Standard Specification for Steel Castings, High Strength, for Structural Purposes

A153/A153M-03 Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware

A159-83(2001) Standard Specification for Automotive Gray Iron Castings

A167-99 Standard Specification for Stainless and Heat-Resisting Chromium-Nickel Steel Plate, Sheet, and Strip

A176-99 Standard Specification for Stainless and Heat-Resisting Chromium Steel Plate, Sheet, and Strip

A178/A178M-02 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon Steel and Carbon-Manganese Steel Boiler and Superheater Tubes

A179/A179M-90a(2001) Standard Specification for Seamless Cold-Drawn Low-Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes

A181/A181M-01 Standard Specification for Carbon Steel Forgings, for General-Purpose Piping

A182/A182M-02 Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service

A183-98 Standard Specification for Carbon Steel Track Bolts and Nuts

A184/A184M-01 Standard Specification for Fabricated Deformed Steel Bar Mats for Concrete Reinforcement

A185-02 Standard Specification for Steel Welded Wire Reinforcement, Plain, for Concrete

A192/A192M-02 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Boiler Tubes for High-Pressure Service

A193/A193M-03 Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High-Temperature Service

A194/A194M-03a Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both

A197/A197M-00 Standard Specification for Cupola Malleable Iron

A202/A202M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Manganese-Silicon

A203/A203M-97 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Nickel

A204/A204M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Molybdenum

A209/A209M-98 Standard Specification for Seamless Carbon-Molybdenum Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes

A210/A210M-02 Standard Specification for Seamless Medium-Carbon Steel Boiler and Superheater Tubes

A213/A213M-03a Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes

A214/A214M-96(2001) Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes

A216/A216M-93(2003) Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service

A217/A217M-02 Standard Specification for Steel Castings, Martensitic Stainless and Alloy, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service

A220/A220M-99 Standard Specification for Pearlitic Malleable Iron

A225/A225M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Manganese-Vanadium-Nickel

A227/A227M-99 Standard Specification for Steel Wire, Cold-Drawn for Mechanical Springs

A228/A228M-02 Standard Specification for Steel Wire, Music Spring Quality

A229/A229M-99 Standard Specification for Steel Wire, Oil-Tempered for Mechanical Springs

A230/A230M-99 Standard Specification for Steel Wire, Oil-Tempered Carbon Valve Spring Quality

A231/A231M-96(2002) Standard Specification for Chromium-Vanadium Alloy Steel Spring Wire

A232/A232M-99 Standard Specification for Chromium-Vanadium Alloy Steel Valve Spring Quality Wire

A234/A234M-02 Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service

A239-95(1999) Standard Practice for Locating the Thinnest Spot in a Zinc (Galvanized) Coating on Iron or Steel Articles

A240/A240M-03b Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications

A242/A242M-03 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel

A247-67(1998) Standard Test Method for Evaluating the Microstructure of Graphite in Iron Castings

A249/A249M-02 Standard Specification for Welded Austenitic Steel Boiler, Superheater, Heat-Exchanger, and Condenser Tubes

A250/A250M-95(2001) Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Ferritic Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes

A252-98(2002) Standard Specification for Welded and Seamless Steel Pipe Piles

A254-97(2002) Standard Specification for Copper-Brazed Steel Tubing

A255-02 Standard Test Method for Determining Hardenability of Steel

A262-02a Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels

A263-03 Standard Specification for Stainless Chromium Steel-Clad Plate

A264-03 Standard Specification for Stainless Chromium-Nickel Steel-Clad Plate, Sheet, and Strip

A265-03 Standard Specification for Nickel and Nickel-Base Alloy-Clad Steel Plate

A266/A266M-03 Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Pressure Vessel Components

A268/A268M-01 Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic and Martensitic Stainless Steel Tubing for General Service

A269-02a Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service

A270-03 Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Sanitary Tubing

A275/A275M-98(2003) Standard Test Method for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings

A276-03 Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes

A278/A278M-01 Standard Specification for Gray Iron Castings for Pressure-Containing Parts for Temperatures Up to 650°F (350°C)

A283/A283M-03 Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates

A285/A285M-01 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Low- and Intermediate-Tensile Strength

A288-91(2003) Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Magnetic Retaining Rings for Turbine Generators

A289/A289M-97(2003) Standard Specification for Alloy Steel Forgings for Nonmagnetic Retaining Rings for Generators

A290-02 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Rings for Reduction Gears

A291-03 Standard Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for Pinions, Gears and Shafts for Reduction Gears

A295-98 Standard Specification for High-Carbon Anti-Friction Bearing Steel

A297/A297M-97(2003) Standard Specification for Steel Castings, Iron-Chromium and Iron-Chromium-Nickel, Heat

Resistant, for General Application

A299/A299M-02 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Manganese-Silicon

A302/A302M-97e1 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel

A304-02 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Bars Subject to End-Quench Hardenability Requirements

A307-02 Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 PSI Tensile Strength

A308-02 Standard Specification for Steel Sheet, Terne (Lead-Tin Alloy) Coated by the Hot-Dip Process

A309-01 Standard Test Method for Weight and Composition of Coating on Terne Sheet by the Triple-Spot Test

A311/A311M-95(2000) Standard Specification for Cold-Drawn, Stress-Relieved Carbon Steel Bars Subject to Mechanical Property Requirements

A312/A312M-02 Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipes

A313/A313M-03 Standard Specification for Stainless Steel Spring Wire

A314-97(2002) Standard Specification for Stainless Steel Billets and Bars for Forging

A319-71(2001) Standard Specification for Gray Iron Castings for Elevated Temperatures for Non-Pressure Containing Parts

A320/A320M-03 Standard Specification for Alloy-Steel Bolting Materials for Low-Temperature Service

A321-90(2001) Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Quenched and Tempered

A322-91(2001) Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Standard Grades

A323-93(2000) Standard Specification for Ferroboration

A324-73(2000) Standard Specification for Ferrotitanium

A325-02 Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength

A325M-03 Standard Specification for Structural Bolts, Steel Heat Treated 830 Mpa Minimum Tensile Strength [Metric]

A327-91(1997) Standard Test Methods for Impact Testing of Cast Irons

A327M-91(1997) Standard Test Methods for Impact Testing of Cast Irons (Metric)

A328/A328M-03 Standard Specification for Steel Sheet Piling

A331-95(2000) Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Cold-Finished

A333/A333M-99 Standard Specification for Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service

A334/A334M-99 Standard Specification for Seamless and Welded Carbon and Alloy-Steel Tubes for Low-Temperature Service

A335/A335M-03 Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service

A336/A336M-03 Standard Specification for Alloy Steel Forgings for Pressure and High-Temperature Parts

A338-84(1998) Standard Specification for Malleable Iron Flanges, Pipe Fittings, and Valve Parts for Railroad, Marine, and Other Heavy Duty Service at Temperatures Up to 650°F (345°C)

A340-03a Standard Terminology of Symbols and Definitions Relating to Magnetic Testing

A341/A341M-00 Standard Test Method for Direct Current Magnetic Properties of Materials Using D-C Permeameters and the Ballistic Test Methods

A342/A342M-99 Standard Test Methods for Permeability of Feebly Magnetic Materials

A343/A343M-03 Standard Test Method for Alternating-Current Magnetic Properties of Materials at Power Frequencies Using Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method and 25-cm Epstein Test Frame

A345-98 Standard Specification for Flat-Rolled Electrical Steels for Magnetic Applications

A348/A348M-00 Standard Test Method for Alternating Current Magnetic Properties of Materials Using the Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method, 100 to 10 000 Hz and 25-cm Epstein Frame

A350/A350M-02b Standard Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Forgings, Requiring Notch Toughness Testing for Piping Components

A351/A351M-03 Standard Specification for Castings, Austenitic, Austenitic-Ferritic (Duplex), for Pressure-Containing Parts

A352/A352M-03 Standard Specification for Steel Castings, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing Parts, Suitable for Low-Temperature Service

A353/A353M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, 9 Percent Nickel, Double-Normalized and Tempered

A354-03 Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners

A355-89(2000) Standard Specification for Steel Bars, Alloys, for Nitriding

A356/A356M-98(2003) Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines

A358/A358M-01 Standard Specification for Electric-Fusion-Welded Austenitic Chromium-Nickel Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service

A363-98 Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Overhead Ground Wire Strand

A367-60(1999) Standard Test Methods of Chill Testing of Cast Iron

A368-95a(2000) Standard Specification for Stainless Steel Wire Strand

A369/A369M-02 Standard Specification for Carbon and Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service

A370-03 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

A372/A372M-02 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Thin-Walled Pressure Vessels

A376/A376M-02a Standard Specification for Seamless Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Central-Station Service

A377-99 Standard Index of Specifications for Ductile-Iron Pressure Pipe

A380-99e1 Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems

A381-96(2001) Standard Specification for Metal-Arc-Welded Steel Pipe for Use With High-Pressure Transmission Systems

A384/A384M-02 Standard Practice for Safeguarding Against Warpage and Distortion During Hot-Dip Galvanizing of Steel Assemblies

A385-03 Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip)

A387/A387M-99e1 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Molybdenum

A388/A388M-03 Standard Practice for Ultrasonic Examination of Heavy Steel Forgings

A389/A389M-03 Standard Specification for Steel Castings, Alloy, Specially Heat-Treated, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service

A390-95(2001) Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Poultry Fence Fabric (Hexagonal and Straight Line)

A391/A391M-01 Standard Specification for Grade 80 Alloy Steel Chain

A392-96(2003) Standard Specification for Zinc-Coated Steel Chain-Link Fence Fabric

A394-00 Standard Specification for Steel Transmission Tower Bolts, Zinc-Coated and Bare

A395/A395M-99 Standard Specification for Ferritic Ductile Iron Pressure-Retaining Castings for Use at Elevated Temperatures

A400-69(2000) Standard Practice for Steel Bars, Selection Guide, Composition, and Mechanical Properties

A401/A401M-98 Standard Specification for Steel Wire, Chromium-Silicon Alloy

A403/A403M-03a Standard Specification for Wrought Austenitic Stainless Steel Piping Fittings

A407-93(1998) Standard Specification for Steel Wire, Cold-Drawn, for Coiled-Type Springs

A409/A409M-01 Standard Specification for Welded Large Diameter Austenitic Steel Pipe for Corrosive or High-Temperature Service

A411-98 Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Low-Carbon Steel Armor Wire

A413/A413M-01 Standard Specification for Carbon Steel Chain

A414/A414M-01 Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, for Pressure Vessels

A416/A416M-02 Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete

A418-99 Standard Test Method for Ultrasonic Examination of Turbine and Generator Steel Rotor Forgings

A420/A420M-02 Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Low-Temperature Service

A421/A421M-02 Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete

A423/A423M-95(2000) Standard Specification for Seamless and Electric-Welded Low-Alloy Steel Tubes

A424-00 Standard Specification for Steel, Sheet, for Porcelain Enameling

A426/A426M-02 Standard Specification for Centrifugally Cast Ferritic Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service

A427-02 Standard Specification for Wrought Alloy Steel Rolls for Cold and Hot Reduction

A428/A428M-01 Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Aluminum-Coated Iron or Steel Articles

A434-90a(2000) Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Hot-Wrought or Cold-Finished, Quenched and Tempered

A435/A435M-90(2001) Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates

A436-84(2001) Standard Specification for Austenitic Gray Iron Castings

A437/A437M-01a Standard Specification for Alloy-Steel Turbine-Type Bolting Material Specially Heat Treated for High-Temperature Service

A438-80(1997) Standard Test Method for Transverse Testing of Gray Cast Iron

A439-83(1999) Standard Specification for Austenitic Ductile Iron Castings

A447/A447M-93(1998) Standard Specification for Steel Castings, Chromium-Nickel-Iron Alloy (25-12 Class), for High-Temperature Service

A449-00 Standard Specification for Quenched and Tempered Steel Bolts and Studs

A450/A450M-02 Standard Specification for General Requirements for Carbon, Ferritic Alloy, and Austenitic Alloy Steel Tubes

A451/A451M-02 Standard Specification for Centrifugally Cast Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Service

A453/A453M-02 Standard Specification for High-Temperature Bolting Materials, with Expansion Coefficients Comparable to Austenitic Stainless Steels

A455/A455M-01 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, High-Strength Manganese

A456/A456M-99 Standard Specification for Magnetic Particle Examination of Large Crankshaft Forgings

A459-97(2003) Standard Specification for Zinc-Coated Flat Steel Armoring Tape

A460-94(1999) Standard Specification for Copper-Clad Steel Wire Strand

A463/A463M-02a Standard Specification for Steel Sheet, Aluminum-Coated, by the Hot-Dip Process

A466/A466M-01 Standard Specification for Weldless Chain

A467/A467M-01 Standard Specification for Machine and Coil Chain

A469-94a(1999) Standard Specification for Vacuum-Treated Steel Forgings for Generator Rotors

A470-03 Standard Specification for Vacuum-Treated Carbon and Alloy Steel Forgings for Turbine Rotors and Shafts

A471-02 Standard Specification for Vacuum-Treated Alloy Steel Forgings for Turbine Rotor Disks and Wheels

A472-98(2003) Standard Test Method for Heat Stability of Steam Turbine Shafts and Rotor Forgings

A473-01 Standard Specification for Stainless Steel Forgings

A474-98 Standard Specification for Aluminum-Coated Steel Wire Strand

A475-98 Standard Specification for Zinc-Coated Steel Wire Strand

A476/A476M-00 Standard Specification for Ductile Iron Castings for Paper Mill Dryer Rolls

A478-97(2002) Standard Specification for Chromium-Nickel Stainless Steel Weaving and Knitting Wire

A479/A479M-03 Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels

A480/A480M-03b Standard Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip

A481-94(2000) Standard Specification for Chromium Metal

A482-93(2000) Standard Specification for Ferrochrome-Silicon

A483-64(2000) Standard Specification for Silicomanganese

A484/A484M-03a Standard Specification for General Requirements for Stainless Steel Bars, Billets, and Forgings

A485-00 Standard Specification for High Hardenability Antifriction Bearing Steel

A487/A487M-93(2003) Standard Specification for Steel Castings Suitable for Pressure Service

A488/A488M-01e1 Standard Practice for Steel Castings, Welding, Qualifications of Procedures and Personnel

A489-00 Standard Specification for Carbon Steel Lifting Eyes

A490-02 Standard Specification for Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength

A490M-00 Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints [Metric]

A491-03 Standard Specification for Aluminum-Coated Steel Chain-Link Fence Fabric

A492-95(2000) Standard Specification for Stainless Steel Rope Wire

A493-95(2000) Standard Specification for Stainless Steel Wire and Wire Rods for Cold Heading and Cold Forging

A494/A494M-03 Standard Specification for Castings, Nickel and Nickel Alloy

A495-94(2000) Standard Specification for Calcium-Silicon Alloys

A496-02 Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement

A497/A497M-02 Standard Specification for Steel Welded Wire Reinforcement, Deformed, for Concrete

A498-98 Standard Specification for Seamless and Welded Carbon, Ferritic, and Austenitic Alloy Steel Heat-Exchanger Tubes with Integral Fins

A499-89(2002) Standard Specification for Steel Bars and Shapes, Carbon Rolled from "T" Rails

A500-03 Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes

A501-01 Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing

A502-03 Standard Specification for Rivets, Steel, Structural

A503/A503M-01(2001)e1 Standard Specification for Ultrasonic Examination of Forged Crankshafts

A504-93(1999) Standard Specification for Wrought Carbon Steel Wheels

A505-00 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for

A506-00 Standard Specification for Alloy and Structural Alloy Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled and Cold-Rolled

A507-00 Standard Specification for Drawing Alloy Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled and Cold-Rolled

A508/A508M-95(1999) Standard Specification for Quenched and Tempered Vacuum-Treated Carbon and Alloy Steel Forgings for Pressure Vessels

A510-02 Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel

A510M-02 Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel [Metric]

A511-96 Standard Specification for Seamless Stainless Steel Mechanical Tubing

A512-96(2001) Standard Specification for Cold-Drawn Buttweld Carbon Steel Mechanical Tubing

A513-00 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon and Alloy Steel Mechanical Tubing

A514/A514M-00a Standard Specification for High-Yield-Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding

A515/A515M-01 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Intermediate- and Higher-Temperature Service

A516/A516M-01 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service

A517/A517M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, High-Strength, Quenched and Tempered

A518/A518M-99 Standard Specification for Corrosion-Resistant High-Silicon Iron Castings

A519-96(2001) Standard Specification for Seamless Carbon and Alloy Steel Mechanical Tubing

A521-96(2001) Standard Specification for Steel, Closed-Impression Die Forgings for General Industrial Use

A522/A522M-01 Standard Specification for Forged or Rolled 8 and 9% Nickel Alloy Steel Flanges, Fittings, Valves, and Parts for Low-Temperature Service

A523-96(2001) Standard Specification for Plain End Seamless and Electric-Resistance-Welded Steel Pipe for High-Pressure Pipe-Type Cable Circuits

A524-96(2001) Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures

A529/A529M-02 Standard Specification for High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality

A530/A530M-02 Standard Specification for General Requirements for Specialized Carbon and Alloy Steel Pipe

A531/A531M-91(2001) Standard Practice for Ultrasonic Examination of Turbine-Generator Steel Retaining Rings

A532/A532M-93a(1999)e1 Standard Specification for Abrasion-Resistant Cast Irons

A533/A533M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Quenched and Tempered, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel

A534-01 Standard Specification for Carburizing Steels for Anti-Friction Bearings

A536-84(1999)e1 Standard Specification for Ductile Iron Castings

A537/A537M-95(2000) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Heat-Treated, Carbon-Manganese-Silicon Steel

A539-99 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Coiled Steel Tubing for Gas and Fuel Oil Lines

A540/A540M-00 Standard Specification for Alloy-Steel Bolting Materials for Special Applications

A541/A541M-95(1999) Standard Specification for Quenched and Tempered Carbon and Alloy Steel Forgings for Pressure Vessel Components

A542/A542M-99e1 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Quenched-and-Tempered, Chromium-Molybdenum, and Chromium-Molybdenum-Vanadium

A543/A543M-93(1999) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Quenched and Tempered Nickel-Chromium-Molybdenum

A550-78(2000) Standard Specification for Ferrocolumbium

A551-94(1999) Standard Specification for Steel Tires

A553/A553M-95(2000) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Quenched and Tempered 8 and 9 Percent Nickel

A554-98e1 Standard Specification for Welded Stainless Steel Mechanical Tubing

A555/A555M-97(2002) Standard Specification for General Requirements for Stainless Steel Wire and Wire Rods

A556/A556M-96(2001) Standard Specification for Seamless Cold-Drawn Carbon Steel Feedwater Heater Tubes

A560/A560M-93(1998) Standard Specification for Castings, Chromium-Nickel Alloy

A561-71(1999) Standard Recommended Practice for Macroetch Testing of Tool Steel Bars

A562/A562M-90(2001) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Manganese-Titanium for Glass or Diffused Metallic Coatings

A563-00 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts

A563M-01 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]

A564/A564M-02a Standard Specification for Hot-Rolled and Cold-Finished Age-Hardening Stainless Steel Bars and Shapes

A565-03b Standard Specification for Martensitic Stainless Steel Bars for High-Temperature Service

A568/A568M-03 Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for

A571/A571M-01 Standard Specification for Austenitic Ductile Iron Castings for Pressure-Containing Parts Suitable for Low-Temperature Service

A572/A572M-03 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

A573/A573M-00a Standard Specification for Structural Carbon Steel Plates of Improved Toughness

A574-00 Standard Specification for Alloy Steel Socket-Head Cap Screws

A574M-00 Standard Specification for Alloy Steel Socket-Head Cap Screws [Metric]

A575-96(2002) Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Merchant Quality, M-Grades

A576-90b(2000) Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Hot-Wrought, Special Quality

A577/A577M-90(2001) Standard Specification for Ultrasonic Angle-Beam Examination of Steel Plates

A578/A578M-96(2001) Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Plain and Clad Steel Plates for Special Applications

A579-01 Standard Specification for Superstrength Alloy Steel Forgings

A580/A580M-98 Standard Specification for Stainless Steel Wire

A581/A581M-95b(2000) Standard Specification for Free-Machining Stainless Steel Wire and Wire Rods

A582/A582M-95b(2000)e1 Standard Specification for Free-Machining Stainless Steel Bars

A586-98 Standard Specification for Zinc-Coated Parallel and Helical Steel Wire Structural Strand and Zinc-Coated Wire for Spun-In-Place Structural Strand

A587-96(2001) Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Low-Carbon Steel Pipe for the Chemical Industry

A588/A588M-03 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4-in. [100-mm] Thick

A589-96(2001) Standard Specification for Seamless and Welded Carbon Steel Water-Well Pipe

A591/A591M-98 Standard Specification for Steel Sheet, Electrolytic Zinc-Coated, for Light Coating Weight [Mass] Applications

A592/A592M-89(1999) Standard Specification for High-Strength Quenched and Tempered Low-Alloy Steel Forged Fittings and Parts for Pressure Vessels

A595-98(2002) Standard Specification for Steel Tubes, Low-Carbon, Tapered for Structural Use

A596/A596M-95(1999) Standard Test Method for Direct-Current Magnetic Properties of Materials Using the Ballistic Method and Ring Specimens

A597-87(1999) Standard Specification for Cast Tool Steel

A598/A598M-02 Standard Test Method for Magnetic Properties of Magnetic Amplifier Cores

A599/A599M-02 Standard Specification for Tin Mill Products, Electrolytic Tin-Coated, Cold-Rolled Sheet

A600-92a(1999) Standard Specification for Tool Steel High Speed

A601-96(2000) Standard Specification for Electrolytic Manganese Metal

A602-94(1998) Standard Specification for Automotive Malleable Iron Castings

A603-98(2003) Standard Specification for Zinc-Coated Steel Structural Wire Rope

A604-93(2003) Standard Test Method for Macroetch Testing of Consumable Electrode Remelted Steel Bars and Billets

A606-01 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance

A608/A608M-02 Standard Specification for Centrifugally Cast Iron-Chromium-Nickel High-Alloy Tubing for Pressure Application at High Temperatures

A609/A609M-91(2002) Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof

A610-79(2000) Standard Test Methods for Sampling and Testing Ferroalloys for Determination of Size

A612/A612M-01 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, High Strength, for Moderate and Lower Temperature Service

A615/A615M-02 Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement

A618-01 Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless High-Strength Low-Alloy Structural Tubing

A623-02a Standard Specification for Tin Mill Products, General Requirements

A623M-02a Standard Specification for Tin Mill Products, General Requirements [Metric]

A624/A624M-98 Standard Specification for Tin Mill Products, Electrolytic Tin Plate, Single Reduced

A625/A625M-98 Standard Specification for Tin Mill Products, Black Plate, Single Reduced

A626/A626M-98 Standard Specification for Tin Mill Products, Electrolytic Tin Plate, Double Reduced

A627-03 Standard Test Methods for Tool-Resisting Steel Bars, Flats, and Shapes for Detention and Correctional Facilities

A629-88(1994)e1 Standard Specification for Tool-Resisting Steel Flat Bars and Shapes for Security Applications

A630-98 Standard Test Methods for Determination of Tin Coating Weights for Electrolytic Tin Plate

A632-02a Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing (Small-Diameter) for General Service

A633/A633M-01 Standard Specification for Normalized High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plates

A635/A635M-02 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Heavy-Thickness Coils, Carbon, Commercial Steel, Drawing Steel, Structural, High-Strength Low-Alloy, and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, Hot-Rolled, General Requirements for

A636-76(2000) Standard Specification for Nickel Oxide Sinter

A638/A638M-00 Standard Specification for Precipitation Hardening Iron Base Superalloy Bars, Forgings, and Forging Stock for High-Temperature Service

A640-97(2002)e1 Standard Specification for Zinc-Coated Steel Strand for Messenger Support of Figure 8 Cable

A641/A641M-98 Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Carbon Steel Wire

A644-98 Standard Terminology Relating to Iron Castings

A645/A645M-99a Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Five Percent Nickel Alloy Steel, Specially Heat Treated

A646-95(1999) Standard Specification for Premium Quality Alloy Steel Blooms and Billets for Aircraft and Aerospace Forgings

A648-95(2000) Standard Specification for Steel Wire, Hard Drawn for Prestressing Concrete Pipe

A649/A649M-99 Standard Specification for Forged Steel Rolls Used for Corrugating Paper Machinery

A650/A650M-98 Standard Specification for Tin Mill Products, Black Plate, Double Reduced

A653/A653M-03 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process

A656/A656M-03 Standard Specification for Hot-Rolled Structural Steel, High-Strength Low-Alloy Plate with Improved Formability

A657/A657M-98a Standard Specification for Tin Mill Products, Black Plate Electrolytic Chromium-Coated, Single and Double Reduced

A659/A659M-97(2001) Standard Specification for Commercial Steel (CS), Sheet and Strip, Carbon (0.16 Maximum to 0.25 Maximum Percent), Hot-Rolled

A660-96(2001) Standard Specification for Centrifugally Cast Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service

A662/A662M-01e1 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon-Manganese-Silicon Steel, for Moderate and Lower Temperature Service

A663/A663M-89(2000) Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Merchant Quality, Mechanical Properties

A664-99 Standard Practice for Identification of Standard Electrical Steel Grades in ASTM Specifications

A666-00 Standard Specification for Annealed or Cold-Worked Austenitic Stainless Steel Sheet, Strip, Plate, and Flat Bar

A667/A667M-87(2003) Standard Specification for Centrifugally Cast Dual Metal (Gray and White Cast Iron) Cylinders

A668/A668M-03 Standard Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use

A671-96(2001) Standard Specification for Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures

A672-96(2001) Standard Specification for Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for High-Pressure Service at Moderate Temperatures

A673/A673M-02 Standard Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel

A674-00 Standard Practice for Polyethylene Encasement for Ductile Iron Pipe for Water or Other Liquids

A675/A675M-90a(2000) Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Hot-Wrought, Special Quality, Mechanical Properties

A677/A677M-99 Standard Specification for Nonoriented Electrical Steel Fully Processed Types

A678/A678M-00a Standard Specification for Quenched-and-Tempered Carbon and High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plates

A679/A679M-00 Standard Specification for Steel Wire, High Tensile Strength, Cold Drawn

A681-94(1999) Standard Specification for Tool Steels Alloy

A682/A682M-02 Standard Specification for Steel, Strip, High-Carbon, Cold-Rolled, General Requirements For

A683/A683M-99 Standard Specification for Nonoriented Electrical Steel, Semiprocessed Types

A684/A684M-86(2002) Standard Specification for Steel, Strip, High-Carbon, Cold-Rolled

A686-92(1999) Standard Specification for Tool Steel, Carbon

A688/A688M-02 Standard Specification for Welded Austenitic Stainless Steel Feedwater Heater Tubes

A689-97(2002) Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Bars for Springs

A690/A690M-00a Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel H-Piles and Sheet Piling for Use in Marine Environments

A691-98(2002) Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Pipe, Electric-Fusion-Welded for High-Pressure Service at High Temperatures

A693-03 Standard Specification for Precipitation-Hardening Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip

A694/A694M-00 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Pipe Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High-Pressure Transmission Service

A696-90a(2000) Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Hot-Wrought or Cold-Finished, Special Quality, for Pressure Piping Components

A697-98 Standard Test Method for Alternating Current Magnetic Properties of Laminated Core Specimen Using

Voltmeter-Ammeter-Wattmeter Methods

A698/A698M-02 Standard Test Method for Magnetic Shield Efficiency in Attenuating Alternating Magnetic Fields

A700-99e1 Standard Practices for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Domestic Shipment

A701-96(2000) Standard Specification for Ferromanganese-Silicon

A702-89(2000) Standard Specification for Steel Fence Posts and Assemblies, Hot Wrought

A703/A703M-03 Standard Specification for Steel Castings, General Requirements, for Pressure-Containing Parts

A704/A704M-01 Standard Specification for Welded Steel Plain Bar or Rod Mats for Concrete Reinforcement

A705/A705M-95(2000) Standard Specification for Age-Hardening Stainless Steel Forgings

A706/A706M-02 Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement

A707/A707M-02 Standard Specification for Forged Carbon and Alloy Steel Flanges for Low-Temperature Service

A709/A709M-03 Standard Specification for Carbon and High-Strength Low-Alloy Structural Steel Shapes, Plates, and Bars and Quenched-and-Tempered Alloy Structural Steel Plates for Bridges

A710/A710M-02 Standard Specification for Precipitation-Strengthened Low-Carbon Nickel-Copper-Chromium-Molybdenum-Columbium Alloy Structural Steel Plates

A711-92(2001) Standard Specification for Steel Forging Stock

A712-97(2002) Standard Test Method for Electrical Resistivity of Soft Magnetic Alloys

A713-93(1998) Standard Specification for Steel Wire, High-Carbon Spring, for Heat-Treated Components

A714-99 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Welded and Seamless Steel Pipe

A716-99 Standard Specification for Ductile Iron Culvert Pipe

A717/A717M-01 Standard Test Method for Surface Insulation Resistivity of Single-Strip Specimens

A719/A719M-02 Standard Test Method for Lamination Factor of Magnetic Materials

A720/A720M-02 Standard Test Method for Ductility of Nonoriented Electrical Steel

A721/A721M-02 Standard Test Method for Ductility of Oriented Electrical Steel

A722/A722M-98(2003) Standard Specification for Uncoated High-Strength Steel Bar for Prestressing Concrete

A723/A723M-02 Standard Specification for Alloy Steel Forgings for High-Strength Pressure Component Application

A724/A724M-99 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon-Manganese-Silicon Steel, Quenched and Tempered, for Welded Layered Pressure Vessels

A726-00 Standard Specification for Cold-Rolled Magnetic Lamination Quality Steel, Semiprocessed Types

A727/A727M-02 Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Components with Inherent Notch Toughness

A729-93(1999) Standard Specification for Alloy Steel Axles, Heat-Treated, for Mass Transit and Electric Railway Service

A730-93(1999) Standard Specification for Forgings, Carbon and Alloy Steel, for Railway Use

A732/A732M-02 Standard Specification for Castings, Investment, Carbon and Low Alloy Steel for General Application, and Cobalt Alloy for High Strength at Elevated Temperatures

A733-03 Standard Specification for Welded and Seamless Carbon Steel and Austenitic Stainless Steel Pipe Nipples

A734/A734M-87a(1997) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel and High-Strength Low-Alloy Steel, Quenched-and-Tempered

A735/A735M-99 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Low-Carbon Manganese-Molybdenum-Columbium Alloy Steel, for Moderate and Lower Temperature Service

A736/A736M-88(2000) Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Low-Carbon Age-Hardening Nickel-Copper-Chromium-Molybdenum-Columbium and Nickel-Copper-Manganese-Molybdenum-Columbium Alloy Steel

A737/A737M-99 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, High-Strength, Low-Alloy Steel

A738/A738M-00 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Heat-Treated, Carbon-Manganese-Silicon Steel, for Moderate and Lower Temperature Service

A739-90a(2000) Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Hot-Wrought, for Elevated Temperature or Pressure-Containing Parts, or Both

A740-98(2003) Standard Specification for Hardware Cloth (Woven or Welded Galvanized Steel Wire Fabric)

A741-98(2003) Standard Specification for Zinc-Coated Steel Wire Rope and Fittings for Highway Guardrail

A742/A742M-03 Standard Specification for Steel Sheet, Metallic Coated and Polymer Precoated for Corrugated Steel Pipe

A743/A743M-03 Standard Specification for Castings, Iron-Chromium, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for General Application

A744/A744M-00e1 Standard Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for Severe Service

A745/A745M-94(1999) Standard Practice for Ultrasonic Examination of Austenitic Steel Forgings

A746-99 Standard Specification for Ductile Iron Gravity Sewer Pipe

A747/A747M-99 Standard Specification for Steel Castings, Stainless, Precipitation Hardening

A748/A748M-87(2003) Standard Specification for Statically Cast Chilled White Iron-Gray Iron Dual Metal Rolls for Pressure Vessel Use

A749/A749M-97(2002) Standard Specification for Steel, Strip, Carbon and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled, General Requirements for

A750-77(1994)e1 Standard Specification for Steel Air Ventilating Grille Units for Detention Areas

A751-01 Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products

A752-93(2003) Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Alloy Steel

A752M-93(2003) Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Alloy Steel [Metric]

A753-02 Standard Specification for Wrought Nickel-Iron Soft Magnetic Alloys (UNS K94490, K94840, N14076, N14080)

A754/A754M-96(2000) Standard Test Method for Coating Weight (Mass) of Metallic Coatings on Steel by X-Ray Fluorescence

A755/A755M-01 Standard Specification for Steel Sheet, Metallic Coated by the Hot-Dip Process and Prepainted by the Coil-Coating Process for Exterior Exposed Building Products

A756-94(2001) Standard Specification for Stainless Anti-Friction Bearing Steel

A757/A757M-00 Standard Specification for Steel Castings, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing and Other Applications, for Low-Temperature Service

A758/A758M-00 Standard Specification for Wrought-Carbon Steel Butt-Welding Piping Fittings with Improved Notch Toughness

A759-00 Standard Specification for Carbon Steel Crane Rails

A760/A760M-01a Standard Specification for Corrugated Steel Pipe, Metallic-Coated for Sewers and Drains

A761/A761M-03 Standard Specification for Corrugated Steel Structural Plate, Zinc-Coated, for Field-Bolted Pipe, Pipe-Arches, and Arches

A762/A762M-00 Standard Specification for Corrugated Steel Pipe, Polymer Precoated for Sewers and Drains

A763-93(1999)e1 Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Ferritic Stainless Steels

A764-95(2001) Standard Specification for Metallic Coated Carbon Steel Wire, Coated at Size and Drawn to Size for Mechanical Springs

A765/A765M-01 Standard Specification for Carbon Steel and Low-Alloy Steel Pressure-Vessel-Component Forgings with Mandatory Toughness Requirements

A767/A767M-00b Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement

A768-95(2001) Standard Specification for Vacuum-Treated 12% Chromium Alloy Steel Forgings for Turbine Rotors and Shafts

A769/A769M-00 Standard Specification for Carbon and High-Strength Electric Resistance Welded Steel Structural Shapes

A770/A770M-86(2001) Standard Specification for Through-Thickness Tension Testing of Steel Plates for Special Applications

A771/A771M-95(2001) Standard Specification for Seamless Austenitic and Martensitic Stainless Steel Tubing for Liquid Metal-Cooled Reactor Core Components

A772/A772M-00 Standard Test Method for ac Magnetic Permeability of Materials Using Sinusoidal Current

A773/A773M-01 Standard Test Method for dc Magnetic Properties of Materials Using Ring and Permeameter Procedures with dc Electronic Hysteresigraphs

A774/A774M-02 Standard Specification for As-Welded Wrought Austenitic Stainless Steel Fittings for General Corrosive Service at Low and Moderate Temperatures

A775/A775M-01 Standard Specification for Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars

A778-01 Standard Specification for Welded, Unannealed Austenitic Stainless Steel Tubular Products

A779/A779M-00 Standard Specification for Steel Strand, Seven-Wire, Uncoated, Compacted, Stress-Relieved for Prestressed Concrete

A780-01 Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings

A781/A781M-03a Standard Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use

A782/A782M-90(2001) Standard Specification for Pressure-Vessel Plates, Quenched-and-Tempered, Manganese-Chromium-Molybdenum-Silicon Zirconium Alloy Steel

A786/A786M-00b Standard Specification for Hot-Rolled Carbon, Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy, and Alloy Steel Floor Plates

A787-01 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Metallic-Coated Carbon Steel Mechanical Tubing

A788-03 Standard Specification for Steel Forgings, General Requirements

A789/A789M-02a Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service

A790/A790M-03 Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe

A792/A792M-02 Standard Specification for Steel Sheet, 55 % Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process

A793-96(2001) Standard Specification for Rolled Floor Plate, Stainless Steel

A794-97(2002) Standard Specification for Commercial Steel (CS), Sheet, Carbon (0.16% Maximum to 0.25% Maximum), Cold-Rolled

A795-00 Standard Specification for Black and Hot-Dipped Zinc-Coated (Galvanized) Welded and Seamless Steel Pipe for Fire Protection Use

A796/A796M-03 Standard Practice for Structural Design of Corrugated Steel Pipe, Pipe-Arches, and Arches for Storm and Sanitary Sewers and Other Buried Applications

A798/A798M-01 Standard Practice for Installing Factory-Made Corrugated Steel Pipe for Sewers and Other Applications

A799/A799M-92(2002) Standard Practice for Steel Castings, Stainless, Instrument Calibration, for Estimating Ferrite Content

A800/A800M-01 Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof

A801/A801M-99 Standard Specification for Wrought Iron-Cobalt High Magnetic Saturation Alloys UNS R30005 and K92650

A802/A802M-95(2001) Standard Practice for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Visual Examination

A803/A803M-02 Standard Specification for Welded Ferritic Stainless Steel Feedwater Heater Tubes

A804/A804M-99 Standard Test Methods for Alternating-Current Magnetic Properties of Materials at Power Frequencies Using Sheet-Type Test Specimens

A805-93(2002) Standard Specification for Steel, Flat Wire, Carbon, Cold-Rolled

A807/A807M-02e1 Standard Practice for Installing Corrugated Steel Structural Plate Pipe for Sewers and Other Applications

A808/A808M-00a Standard Specification for High-Strength, Low-Alloy Carbon, Manganese, Columbium, Vanadium Steel of Structural Quality with Improved Notch Toughness

A809-98 Standard Specification for Aluminum-Coated (Aluminized) Carbon Steel Wire

A810-01 Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Pipe Winding Mesh

A811-03 Standard Specification for Soft Magnetic Iron Parts Fabricated by Powder Metallurgy (P/M) Techniques

A813/A813M-01 Standard Specification for Single- or Double-Welded Austenitic Stainless Steel Pipe

A814/A814M-03 Standard Specification for Cold-Worked Welded Austenitic Stainless Steel Pipe

A815/A815M-01a Standard Specification for Wrought Ferritic, Ferritic/Austenitic, and Martensitic Stainless Steel Piping Fittings

A817-03 Standard Specification for Metallic-Coated Steel Wire for Chain-Link Fence Fabric and Marcellled Tension Wire

A818-91(2001) Standard Specification for Coppered Carbon Steel Wire

A820-01 Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete

A821/A821M-99 Standard Specification for Steel Wire, Hard Drawn for Prestressing Concrete Tanks

A822-90(2000) Standard Specification for Seamless Cold-Drawn Carbon Steel Tubing for Hydraulic System Service

A823-99 Standard Specification for Statically Cast Permanent Mold Gray Iron Castings

A824-01 Standard Specification for Metallic-Coated Steel Marcellled Tension Wire for Use With Chain Link Fence

A826/A826M-95(2001) Standard Specification for Seamless Austenitic and Martensitic Stainless Steel Duct Tubes for Liquid Metal-Cooled Reactor Core Components

A827/A827M-02 Standard Specification for Plates, Carbon Steel, for Forging and Similar Applications

A829/A829M-00 Standard Specification for Alloy Structural Steel Plates

A830/A830M-02 Standard Specification for Plates, Carbon Steel, Structural Quality, Furnished to Chemical Composition Requirements

A831/A831M-95(2000) Standard Specification for Austenitic and Martensitic Stainless Steel Bars, Billets, and Forgings for Liquid Metal Cooled Reactor Core Components

A832/A832M-99e1 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Molybdenum-Vanadium

A833-84(2001) Standard Practice for Indentation Hardness of Metallic Materials by Comparison Hardness Testers

A834-95(2001) Standard Specification for Common Requirements for Iron Castings for General Industrial Use

A835-84(2000) Standard Specification for Sizes of Ferroalloys and Alloy Additives

A836/A836M-02 Standard Specification for Titanium-Stabilized Carbon Steel Forgings for Glass-Lined Piping and Pressure Vessel Service

A837-91(2001) Standard Specification for Steel Forgings, Alloy, for Carburizing Applications

A838-02 Standard Specification for Free-Machining Ferritic Stainless Soft Magnetic Alloy Bar for Relay Applications

A839-02 Standard Specification for Iron-Phosphorus Powder Metallurgy (P/M) Parts for Soft Magnetic Applications

A840/A840M-00 Standard Specification for Fully Processed Magnetic Lamination Steel

A841/A841M-03 Standard Specification for Steel Plates for Pressure Vessels, Produced by Thermo-Mechanical Control Process (TMCP)

A842-85(1997) Standard Specification for Compacted Graphite Iron Castings

A844/A844M-93(1999) Standard Specification for Steel Plates, 9% Nickel Alloy, for Pressure Vessels, Produced by the Direct-Quenching Process

A845-85(2000) Standard Specification for Titanium Scrap for Use in Deoxidation and Alloying of Steel

A846-85(2000) Standard Specification for Aluminum Scrap for Use in Deoxidation and Alloying of Steel

A847-99a Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless High Strength, Low Alloy Structural Tubing with Improved Atmospheric Corrosion Resistance

A848-01 Standard Specification for Low-Carbon Magnetic Iron

A849-00 Standard Specification for Post-Applied Coatings, Pavings, and Linings for Corrugated Steel Sewer and Drainage Pipe

A852/A852M-03 Standard Specification for Quenched and Tempered Low-Alloy Structural Steel Plate with 70 ksi [485 MPa] Minimum Yield Strength to 4 in. [100 mm] Thick

A853-93(2003) Standard Specification for Steel Wire, Carbon, for General Use

A854/A854M-98(2003) Standard Specification for Metallic-Coated Steel Smooth High-Tensile Fence and Trellis Wire

A855/A855M-98 Standard Specification for Zinc-5% Aluminum-Mischmetal Alloy-Coated Steel Wire Strand

A856/A856M-98 Standard Specification for Zinc-5% Aluminum-Mischmetal Alloy-Coated Carbon Steel Wire

A857/A857M-00a Standard Specification for Steel Sheet Piling, Cold Formed, Light Gage

A858/A858M-00 Standard Specification for Heat-Treated Carbon Steel Fittings for Low-Temperature and Corrosive Service

A859/A859M-02 Standard Specification for Age-Hardening Alloy Steel Forgings for Pressure Vessel Components

A860/A860M-00 Standard Specification for Wrought High-Strength Low-Alloy Steel Butt-Welding Fittings

A861-02 Standard Specification for High-Silicon Iron Pipe and Fittings

A862/A862M-98 Standard Practice for Application of Asphalt Coatings to Corrugated Steel Sewer and Drainage Pipe

A865-03 Standard Specification for Threaded Couplings, Steel, Black or Zinc-Coated (Galvanized) Welded or Seamless, for Use in Steel Pipe Joints

A866-01 Standard Specification for Medium Carbon Anti-Friction Bearing Steel

A867-03 Standard Specification for Iron-Silicon Relay Steels

A871/A871M-03 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plate With Atmospheric Corrosion Resistance

A872/A872M-02 Standard Specification for Centrifugally Cast Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe for Corrosive Environments

A874/A874M-98 Standard Specification for Ferritic Ductile Iron Castings Suitable for Low-Temperature Service

A875/A875M-02a Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-5% Aluminum Alloy-Coated by the Hot-Dip Process

A876/A876M-98 Standard Specification for Flat-Rolled, Grain-Oriented, Silicon-Iron, Electrical Steel, Fully Processed Types

A877/A877M-99 Standard Specification for Steel Wire, Chromium-Silicon Alloy Valve Spring Quality

A878/A878M-99 Standard Specification for Steel Wire, Modified Chromium Vanadium Valve Spring Quality

A879-00 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc Coated by the Electrolytic Process for Applications Requiring Designation of the Coating Mass on Each Surface

A880-95 Standard Practice for Criteria for Use in Evaluation of Testing Laboratories and Organizations for Examination and Inspection of Steel, Stainless Steel, and Related Alloys

A881/A881M-02 Standard Specification for Steel Wire, Deformed, Stress-Relieved or Low-Relaxation for Prestressed Concrete Railroad Ties

A882/A882M-02a Standard Specification for Filled Epoxy-Coated Seven-Wire Prestressing Steel Strand

A883/A883M-01 Standard Test Method for Ferrimagnetic Resonance Linewidth and Gyromagnetic Ratio of Nonmetallic Magnetic Materials

A884/A884M-02 Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Wire and Welded Wire Fabric for Reinforcement

A885/A885M-96(2002) Standard Specification for Steel Sheet, Zinc and Aramid Fiber Composite Coated for Corrugated Steel Sewer, Culvert, and Underdrain Pipe

A886/A886M-02 Standard Specification for Steel Strand, Indented, Seven-Wire Stress-Relieved for Prestressed Concrete

A887-89(2000) Standard Specification for Borated Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Nuclear Application

A888-98e1 Standard Specification for Hubless Cast Iron Soil Pipe and Fittings for Sanitary and Storm Drain, Waste, and Vent Piping Applications

A889/A889M-93(1998) Standard Test Method for Alternating-Current Magnetic Properties of Materials at Low Inductions Using the Wattmeter-Varmeter-Ammeter-Voltmeter Method and 25-cm (250-mm) Epstein Frame

A890/A890M-99 Standard Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel-Molybdenum Corrosion-Resistant, Duplex (Austenitic/Ferritic) for General Application

A891-98(2003) Standard Specification for Precipitation Hardening Iron Base Superalloy Forgings for Turbine Rotor Disks and Wheels

A892-88(2001) Standard Guide for Defining and Rating the Microstructure of High Carbon Bearing Steels

A893-97 Standard Test Method for Complex Dielectric Constant of Nonmetallic Magnetic Materials at Microwave Frequencies

A894/A894M-00 Standard Test Method for Saturation Magnetization or Induction of Nonmetallic Magnetic Materials

A895-89(2000) Standard Specification for Free-Machining Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip

A896-89(1999) Standard Practice for Conducting Case Studies on Galvanized Structures

A897/A897M-02 Standard Specification for Austempered Ductile Iron Castings

A898/A898M-91(2001) Standard Specification for Straight Beam Ultrasonic Examination of Rolled Steel Structural Shapes

A899-91(2002) Standard Specification for Steel Wire, Epoxy-Coated

A900/A900M-01 Standard Test Method for Lamination Factor of Amorphous Magnetic Strip

A901-03 Standard Specification for Amorphous Magnetic Core Alloys, Semi-Processed Types

A902-03 Standard Terminology Relating to Metallic Coated Steel Products

A903/A903M-99 Standard Specification for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Magnetic Particle and Liquid Penetrant Inspection

A904-98 Standard Specification for 50 Nickel-50 Iron Powder Metallurgy (P/M) Soft Magnetic Alloys

A905-93(1998) Standard Specification for Steel Wire, Pressure Vessel Winding

A906/A906M-02 Standard Specification for Grade 80 and Grade 100 Alloy Steel Chain Slings for Overhead Lifting

A908-03 Standard Specification for Stainless Steel Needle Tubing

A909-94(1999) Standard Specification for Steel Forgings, Microalloy, for General Industrial Use

A910/A910M-99 Standard Specification for Uncoated, Weldless, 2- and 3-Wire Steel Strand for Prestressed Concrete

A911/A911M-02 Standard Specification for Uncoated, Stress-Relieved Steel Bars for Prestressed Concrete Ties

A912-93(1998) Standard Test Method for Alternating-Current Magnetic Properties of Amorphous Materials at Power Frequencies Using Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method with Toroidal Specimens

A913/A913M-01 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel Shapes of Structural Quality, Produced by

Quenching and Self-Tempering Process (QST)

A914/A914M-92(1999)e1 Standard Specification for Steel Bars Subject to Restricted End-Quench Hardenability Requirements

A915/A915M-93(2003) Standard Specification for Steel Castings, Carbon, and Alloy, Chemical Requirements Similar to Standard Wrought Grades

A917-00 Standard Specification for Steel Sheet, Coated by the Electrolytic Process for Applications Requiring Designation of the Coating Mass on Each Surface (General Requirements)

A918-00 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Nickel Alloy Coated by the Electrolytic Process for Applications Requiring Designation of the Coating Mass on Each Surface

A920/A920M-02 Standard Specification for Steel Bars, Microalloy, Hot-Wrought, Special Quality, Mechanical Properties

A921/A921M-93(1999) Standard Specification for Steel Bars, Microalloy, Hot-Wrought, Special Quality, for Subsequent Hot Forging

A922-93(2000) Standard Specification for Silicon Metal

A923-01e1 Standard Test Methods for Detecting Detrimental Intermetallic Phase in Wrought Duplex Austenitic/Ferritic Stainless Steels

A924/A924M-99 Standard Specification for General Requirements for Steel Sheet, Metallic-Coated by the Hot-Dip Process

A925-98 Standard Specification for Zinc-5% Aluminum-Mischmetal Alloy-Coated Steel Overhead Ground Wire Strand

A926-97 Standard Test Method for Comparing the Abrasion Resistance of Coating Materials for Corrugated Metal Pipe

A927/A927M-99 Standard Test Method for Alternating-Current Magnetic Properties of Toroidal Core Specimens Using the Voltmeter-Ammeter-Wattmeter Method

A928/A928M-00 Standard Specification for Ferritic/Austenitic (Duplex) Stainless Steel Pipe Electric Fusion Welded with Addition of Filler Metal

A929/A929M-01 Standard Specification for Steel Sheet, Metallic-Coated by the Hot-Dip Process for Corrugated Steel Pipe

A930-99 Standard Practice for Life-Cycle Cost Analysis of Corrugated Metal Pipe Used for Culverts, Storm Sewers, and Other Buried Conduits

A931-96(2002) Standard Test Method for Tension Testing of Wire Ropes and Strand

A932/A932M-01 Standard Test Method for Alternating-Current Magnetic Properties of Amorphous Materials at Power Frequencies Using Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method with Sheet Specimens

A933/A933M-95(2001) Standard Specification for Vinyl (PVC) Coated Steel Wire and Welded Wire Fabric for Reinforcement

A934/A934M-03 Standard Specification for Epoxy-Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars

A937/A937M-01 Standard Test Method for Determining Interlaminar Resistance of Insulating Coatings Using Two Adjacent Test Surfaces

A938-97(2003) Standard Test Method for Torsion Testing of Wire

A939-96(2001) Standard Test Method for Ultrasonic Examination from Bored Surfaces of Cylindrical Forgings

A940-96(2001) Standard Specification for Vacuum Treated Steel Forgings, Alloy, Differentially Heat Treated, for Turbine Rotors

A941-01 Terminology Relating to Steel, Stainless Steel, Related Alloys, and Ferroalloys

A942-95(2001) Standard Specification for Centrifugally Cast White Iron/Gray Iron Dual Metal Abrasion- Resistant Roll Shells

A943/A943M-01 Standard Specification for Spray-Formed Seamless Austenitic Stainless Steel Pipes

A944-99 Standard Test Method for Comparing Bond Strength of Steel Reinforcing Bars to Concrete Using Beam-End Specimens

A945/A945M-00 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plate with Low Carbon and Restricted Sulfur for Improved Weldability, Formability, and Toughness

A946-95(2000) Standard Specification for Chromium, Chromium-Nickel and Silicon Alloy Steel Plate, Sheet, and Strip for Corrosion and Heat Resisting Service

A947M-95(2000) Standard Specification for Textured Stainless Steel Sheet [Metric]

A949/A949M-01 Standard Specification for Spray-Formed Seamless Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe

A950/A950M-99 Standard Specification for Fusion Bonded Epoxy-Coated Structural Steel H-Piles and Sheet Piling

A951-02 Standard Specification for Masonry Joint Reinforcement

A952/A952M-02 Standard Specification for Forged Grade 80 and Grade 100 Steel Lifting Components and Welded Attachment Links

A953-02 Standard Specification for Austenitic Chromium-Nickel-Silicon Alloy Steel Seamless and Welded Tubing

A954-02 Standard Specification for Austenitic Chromium-Nickel-Silicon Alloy Steel Seamless and Welded Pipe

A955/A955M-02 Standard Specification for Deformed and Plain Stainless Steel Bars for Concrete Reinforcement

A956-02 Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products

A957-03 Standard Specification for Investment Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use

A958-00 Standard Specification for Steel Castings, Carbon, and Alloy, with Tensile Requirements, Chemical Requirements Similar to Standard Wrought Grades

A959-03 Standard Guide for Specifying Harmonized Standard Grade Compositions for Wrought Stainless Steels

A960-03 Standard Specification for Common Requirements for Wrought Steel Piping Fittings

A961-02 Standard Specification for Common Requirements for Steel Flanges, Forged Fittings, Valves, and Parts for Piping Applications

A962/A962M-03 Standard Specification for Common Requirements for Steel Fasteners or Fastener Materials, or Both, Intended for Use at Any Temperature from Cryogenic to the Creep Range

A964/A964M-02 Standard Specification for Corrugated Steel Box Culverts

A965/A965M-02 Standard Specification for Steel Forgings, Austenitic, for Pressure and High Temperature Parts

A966/A966M-96(2001) Standard Test Method for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings Using Alternating Current

A967-01e1 Standard Specification for Chemical Passivation Treatments for Stainless Steel Parts

A968/A968M-96(2001) Standard Specification for Chromium, Chromium-Nickel, and Silicon Alloy Steel Bars and Shapes for Corrosion and Heat-Resisting Service

A970/A970M-98 Standard Specification for Welded or Forged Headed Bars for Concrete Reinforcement

A971-00 Standard Test Method for Measuring Edge Taper and Crown of Flat-Rolled Electrical Steel Coils

A972/A972M-00 Standard Specification for Fusion Bonded Epoxy-Coated Pipe Piles

A973/A973M-01 Standard Specification for Grade 100 Alloy Steel Chain

A974-97(2003) Standard Specification for Welded Wire Fabric Gabions and Gabion Mattresses (Metallic Coated or Polyvinyl Chloride (PVC) Coated)

A975-97(2003) Standard Specification for Double-Twisted Hexagonal Mesh Gabions and Revet Mattresses (Metallic-Coated Steel Wire or Metallic-Coated Steel Wire With Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Coating)

A976-97 Standard Classification of Insulating Coatings by Composition, Relative Insulating Ability and Application

A977/A977M-02 Standard Test Method for Magnetic Properties of High-Coercivity Permanent Magnet Materials Using

Hysteresigraphs

A978/A978M-97(2002)e1 Standard Specification for Composite Ribbed Steel Pipe, Precoated and Polyethylene Lined for Gravity Flow Sanitary Sewers, Storm Sewers, and Other Special Applications

A979/A979M-03 Standard Specification for Concrete Pavements and Linings Installed in Corrugated Steel Structures in the Field

A980-97(2003) Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, Ultra High Strength Cold Rolled

A981-97(2002) Standard Test Method for Evaluating Bond Strength for 15.2 mm (0.6 in.) Diameter Prestressing Steel Strand, Grade 270, Uncoated, Used in Prestressed Ground Anchors

A982-02 Standard Specification for Steel Forgings, Stainless, for Compressor and Turbine Airfoils

A983/A983M-01 Standard Specification for Continuous Grain Flow Forged Carbon and Alloy Steel Crankshafts for Medium Speed Diesel Engines

A984/A984M-02 Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain-End, Electric-Resistance-Welded

A985/A985M-03 Standard Specification for Steel Investment Castings General Requirements, for Pressure-Containing Parts

A986/A986M-01 Standard Specification for Magnetic Particle Examination of Continuous Grain Flow Crankshaft Forgings

A987-00 Standard Test Method for Measuring Shape Characteristics of Tin Mill Products

A988-98(2002) Standard Specification for Hot Isostatically-Pressed Stainless Steel Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High Temperature Service

A989-98(2002) Standard Specification for Hot Isostatically-Pressed Alloy Steel Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High Temperature Service

A990-00e1 Standard Specification for Castings, Iron-Nickel-Chromium and Nickel Alloys, Specially Controlled for Pressure Retaining Parts for Corrosive Service

A991/A991M-98 Standard Test Method for Conducting Temperature Uniformity Surveys of Furnaces Used to Heat Treat Steel Products

A992/A992M-02 Standard Specification for Steel for Structural Shapes For Use in Building Framing

A993-98 Standard Test Method for Dynamic Tear Testing of Cast Irons to Establish Transition Temperature

A994-03 Standard Guide for Editorial Procedures and Form of Product Specifications for Steel, Stainless Steel, and Related Alloys

A995/A995M-98(2003) Standard Specification for Castings, Austenitic-Ferritic (Duplex) Stainless Steel, for Pressure-Containing Parts

A996/A996M-03 Standard Specification for Rail-Steel and Axle-Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement

A997-98(2003) Standard Practice for Investment Castings, Surface Acceptance Standards, Visual Examination

A998/A998M-98 Standard Practice for Structural Design of Reinforcements for Fittings in Factory-Made Corrugated Steel Pipe for Sewers and Other Applications

A999/A999M-01 Standard Specification for General Requirements for Alloy and Stainless Steel Pipe

A1000-99 Standard Specification for Steel Wire, Carbon and Alloy Specialty Spring Quality

A1001-01 Standard Specification for High Strength Steel Castings in Heavy Sections

A1002-99 Standard Specification for Castings, Nickel-Aluminum Ordered Alloy

A1003/A1003M-02a Standard Specification for Steel Sheet, Carbon, Metallic- and Nonmetallic-Coated for Cold-Formed Framing Members

A1004/A1004M-99 Standard Practice for Establishing Conformance to the Minimum Expected Corrosion Characteristics of Metallic, Painted-Metallic, and Nonmetallic-Coated Steel Sheet Intended for Use as Cold Formed Framing Members

A1005/A1005M-00e1 Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain End, Longitudinal and Helical Seam, Double Submerged-Arc Welded

A1006/A1006M-00 Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain End, Laser Beam Welded

A1007-02 Standard Specification for Carbon Steel Wire for Wire Rope

A1008/A1008M-03 Standard Specification for Steel, Sheet, Cold-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability

A1009-00 Standard Specification for Soft Magnetic MnZn Ferrite Core Materials for High Frequency (10 kHz-1 MHz) Power Transformer and Filter Inductor Applications

A1010/A1010M-01e1 Standard Specification for Higher-Strength Martensitic Stainless Steel Plate, Sheet , and Strip

A1011/A1011M-03 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability

A1012-02 Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic, Austenitic and Duplex Alloy Steel Condenser and Heat Exchanger Tubes With Integral Fins

A1013-00 Standard Test Method for High-Frequency (10 kHz-1 MHz) Core Loss of Soft Magnetic Core Components at Controlled Temperatures Using the Voltmeter-Ammeter-Wattmeter Method

A1014-02 Standard Specification for Precipitation-Hardening Bolting Material (UNS N07718) for High Temperature Service

A1015-01 Standard Guide for Videoborecopying of Tubular Products for Sanitary Applications

A1016/A1016M-02a Standard Specification for General Requirements for Ferritic Alloy Steel, Austenitic Alloy Steel, and Stainless Steel Tubes

A1017/A1017M-01 Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Molybdenum-Tungsten

A1018/A1018M-03 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Heavy Thickness Coils, Hot Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, Columbium or Vanadium, and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability

A1019/A1019M-01 Standard Specification for Closed Rib Steel Pipe with Diameter of 36 in. [900 mm] or Less, Polymer Precoated for Sewers and Drains

A1020/A1020M-02 Standard Specification for Steel Tubes, Carbon and Carbon Manganese, Fusion Welded, for Boiler, Superheater, Heat Exchanger and Condenser Applications

A1021-02 Standard Specification for Martensitic Stainless Steel Forgings and Forging Stock for High-Temperature Service

A1022-01 Standard Specification for Deformed and Plain Stainless Steel Wire and Welded Wire for Concrete Reinforcement

A1023/A1023M-02 Standard Specification for Stranded Carbon Steel Wire Ropes for General Purposes

A1024/A1024M-02 Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain-End, Seamless

A1025-02 Standard Specification for Ferroalloys, General Requirements

A1026-03 Standard Specification for Alloy Steel Structural Shapes for Use in Building Framing

A1028-03 Standard Specification for Stainless Steel Bars for Compressor and Turbine Airfoils

ALLOY DATA SHEET IN 657

HEAT RESISTANT ALLOY

REVISION: 04/91

DESCRIPTION

IN657 is a 50Cr-50Ni-Nb alloy manufactured under licence from Inco Alloy Products. It is specifically used for components in furnaces which are fired by low grade fuel oils containing high levels of vanadium, sodium and sulphur. The addition of niobium increases the creep-rupture strength of the base composition without impairing high temperature corrosion resistance.

COMPOSITION

	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>Ni</u>	<u>Nb</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>N2+C</u>	<u>Ni+Cr+Nb</u>
Min %				47		1.4	-	-		97.5
Max %	0.1	0.3	0.5	52	Bal.	1.7	0.02	0.02	0.2	

APPLICATIONS

Furnace components, hangers, tube supports; support beams; tube sheets; dampers; baffles; burner nozzles.

PRODUCT FORMS

Horizontal and vertical centrifugal castings; static castings.

PHYSICAL PROPERTIES

Density (lbs/in ³)	0.286
Melting Point(°F)	2425
Thermal Conductivity	7.9 @ 212°F
(Btu/h/ft ² /ft/°F)	18.0 @ 2000°F
Thermal Expansion	5.6 @ 68-212°F
(10 ⁻⁶ in/in °F)	7.4 @ 68-932°F
	8.2 @ 68-1292°F
	8.3 @ 68-1652°F
	8.2 @ 68-1832°F
Magnetic Permeability	1.02

MECHANICAL PROPERTIES (Typical Values)

		70	1200	1400	1600	1700 °F
U.T.S.	ksi	84	73	64	43	30
Y.S.	ksi	44	40	33	17	11
El.	%	38	15	16	19	21

SERVICE TEMPERATURE

The alloy is suitable for service at temperatures up to approximately 1925°F.

WELDABILITY

IN 657 has limited weldability. Procedures are available from Kubota Metal Corporation.

CREEP-RUPTURE PROPERTIES

Long term creep-rupture properties were extrapolated from Larson-Miller Parameter versus stress plots.

		<u>RUPTURE-STRESS-KSI</u>							
<u>HOURS</u>		<u>1200</u>	<u>1300</u>	<u>1400</u>	<u>1500</u>	<u>1600</u>	<u>1700</u>	<u>1800</u>	°F
100.	AVG.		25	20	14	10	7.1	4.8	
1,000.	AVG.	26	19	13.8	8.9	5.7	3.68	2.32	
10,000.	AVG.	20	14.2	9.9	6.3	4.0	2.55	1.6	
100,000	AVG.	15	10.3	7.0	4.3	2.6	1.6	1.0	

		<u>CREEP-STRESS-KSI</u>							
<u>%/HOUR</u>		<u>1200</u>	<u>1300</u>	<u>1400</u>	<u>1500</u>	<u>1600</u>	<u>1700</u>	<u>1800</u>	°F
0.0001	AVG.		15.3	9.4	5.75	3.55	1.84		

Note: Creep and rupture stresses are subject to periodic revisions as the results from long term tests become available.

RELATED SPECIFICATIONS

ASTM: A 560 (Grade 50Cr-50Ni-Cb).

HEAD OFFICE, FOUNDRY & INTERNATIONAL SALES**Kubota Metal Corporation, Fahramet Division**

25 Commerce Road, P.O. Box 1700,

Orillia, Ontario, Canada, L3V 6L6.

Phone (705) 325-2781

Fax (705) 325 5887

Low grade coals form sodium and potassium sulfate complexes that eat away the protective oxide film on superheater and reheater tubing almost as fast as it forms. Low-grade oil fuels form vanadium compounds that do the same thing. This is “metal wastage corrosion” and it can cause tube failures in a matter of months, even days. Complexes formed by the sulfur/vanadium compounds create a molten flux which attacks and removes the protective oxide scale, exposing more base metal. This again oxidizes, is attacked by the flux, and so on, over and over again. Research by the U.S. Institute of Fuel has shown that higher chromium content alloys offer the best resistance to this type of corrosion, with a 50% chromium/50% nickel composition offering the optimum performance. See Figure 1.

In response to this need for a material for superheater and reheater tubing in power plant boilers, for high-temperature recuperators, and for coal gasification and liquefaction technologies, Special Metals Corporation has reintroduced INCOCLAD® 671/800HT® co-extruded, duplex tubing. In fact, the new product is an improvement over the earlier material in that the original alloy 800H substrate has been upgraded to alloy 800HT, with higher allowable design stresses.

The product combines the high-temperature strength and corrosion resistance of seamless INCOLOY® alloy 800HT tubing with the corrosion resistance of cladding in INCONEL® alloy 671, a nominal 50/50 Ni/Cr composition specially developed to resist metal wastage corrosion, with excellent resistance to oxidation and carburization, and particular resistance to fuel-ash corrosion in atmospheres containing sulfur and/or vanadium. This type of attack, variously known as coal-ash, fuel-ash or fly-ash corrosion, arises in coal-fired boilers at temperatures between 1100 and 1300°F (590 and 700°C) and can be so severe that tube service life can be severely curtailed.

INCONEL alloy 671 has an ideal resistance to fuel-ash corrosion and to oxidation and carburization even though its high-temperature strength is not appropriate for high-pressure applications. INCOLOY alloy 800HT, however, has exactly the right hot-strength qualities and has long been a standard material for a wide range of thermal processing applications. The combination of both materials in a co-extruded seamless tubular product (alloy 800HT clad with alloy 671) is the key to long service and cost-effective performance in this type of application. The compositions of both alloys contained in the duplex product are quoted in Table 1.

Table 1 - Chemical Compositions, %, of INCOCLAD 671/800HT Substrate and Cladding

	INCOLOY alloy 800HT Substrate* (Limiting)	INCONEL alloy 671 Cladding (Nominal)
Nickel	30.0-35.0	51.5
Chromium	19.0-23.0	48.0
Iron	39.5 min.	-
Carbon	0.06-0.10	0.05
Aluminum	0.25-0.60	-
Titanium	0.25-0.60	-
Al +Ti	0.85-1.20	-

*This composition can be specified to more restricted limits to meet specific order requirements.

Product Availability

INCOCLAD 671/800HT is produced by co-extrusion of a duplex billet. The process creates a metallurgical bond between the INCOLOY alloy 800HT substrate and the INCONEL alloy 671 cladding, providing good heat transfer properties and sufficient ductility for cold fabrication. The product is supplied in the solution-treated condition. INCOCLAD 671/800HT is available as extruded or cold-sized tubing in a range of diameters, wall thicknesses and lengths to accommodate most boiler designs. The nominal cladding thickness is, typically, 0.075 in (1.9 mm). Samples are available for testing and evaluation through the Special Metal Marketing group at info@smcww.com.

ASME Codes

For installations constructed according to the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, the design stresses specified by the code for INCOLOY alloy 800HT (UNS N08811) should be used for INCOCLAD 671/800HT. The thickness of the INCOLOY alloy 800HT substrate only should be used in determining design stresses.

Publication Number SMC-032

Copyright © Special Metals Corporation, 2004 (Sept 04)

INCOCLAD, INCOLOY, INCONEL, and 800HT are trademarks of the Special Metals Corporation group of companies.

INCOCLAD® 671/800HT®



Corrosion Resistance

The high chromium of the INCONEL alloy 671 cladding provides excellent resistance to oxidation and corrosion in high-temperature environments containing sulfur or vanadium. Table 2 gives the results of laboratory crucible tests in which alloy 671 specimens were fully submerged in mixtures of vanadium pentoxide and sodium sulfate at 1650°F (900°C). The results of cyclic oxidation tests at 1800°F (980°C) on specimens coated with sodium sulfate are shown in Figure 2. Each cycle consisted of 15 minutes heating and 5 minutes air-cooling and the specimens were re-coated with sodium sulfate at 65-hour intervals.

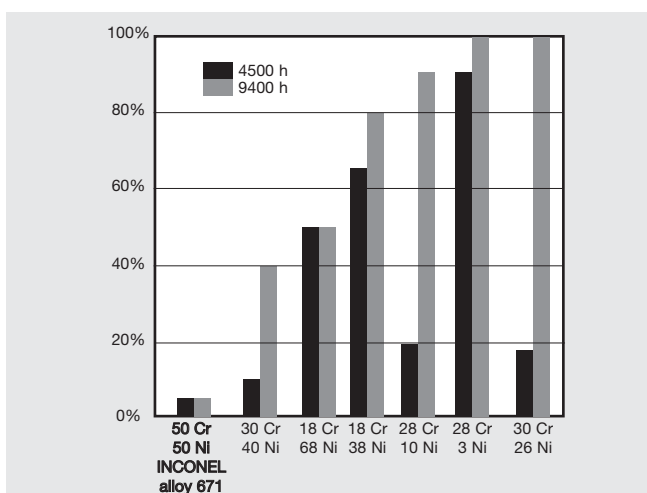


Figure 1. Percentage of metal wastage at gas temperatures of 1400-1700°F (760-920°C) in fuel oil with a vanadium content of up to 300 ppm. (Journal of the U.S. Institute of Fuel).

Fabrication

The duplex product can be formed and machined by conventional techniques. The tubing is readily weldable and welding products are available with strength and corrosion-resistance properties comparable with those of the tubing.

Information on fabricating is available in the Special Metals publication “Fabricating” on the website, www.specialmetals.com.

Cold Forming. Cold-formed bends such as those required for superheater pendants have been produced in INCOCLAD 671/800HT. Press bending has yielded good results with sand-filled tubing.

Table 2 - Laboratory Corrosion Tests in Mixtures of Vanadium Pentoxide and Sodium Sulfate at 1650°F (900°C)

Material	Test Environment	Time h	Weight Loss g/cm ²
INCONEL alloy 671	80% V ₂ O ₅ /20% Na ₂ SO ₄	16	0.0972
		150	0.6136
		300	0.7678
	20% V ₂ O ₅ /80% Na ₂ SO ₄	16	0.00090
		150	0.00663
		300	0.01821
20% Cr-12% Ni-3% W steel	80% V ₂ O ₅ /20% Na ₂ SO ₄	16	0.421
		300	1.823
	20% V ₂ O ₅ /80% Na ₂ SO ₄	16	0.009
		300	0.031
AISI 310 stainless steel	80% V ₂ O ₅ /20% Na ₂ SO ₄	16	0.314

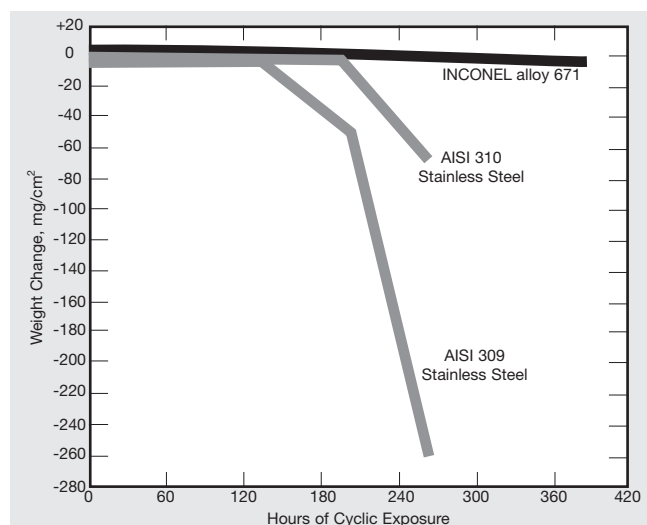


Figure 2. Cyclic oxidation tests at 1800°F (980°C) on specimens coated with Na₂SO₄. Each cycle was 15 minutes heating/5 minutes air cooling. Specimens re-coated at 65-hour intervals.

Machining. Techniques for Group D-1 alloys should be used for the INCONEL alloy 671 cladding, and those for Group C alloys for the INCOLOY alloy 800HT substrate.

Information on machining is available in the Special Metals publication “Machining” on the website, www.specialmetals.com.

Joining. INCOCLAD 671/800HT is normally welded by the gas-tungsten-arc process, using INCONEL filler metal 82 with the alloy 800HT base material. INCONEL Filler Metal 72 with a composition similar to alloy 671 is used to weld the cladding.

Information on joining is available in the Special Metals publication “Joining” on the company website, www.specialmetals.com.

Case Histories

Philadelphia Electric Company. PEC's Eddystone Station, Unit 2, is a 350,000 kW unit with double reheat. After 37,000 hours of operation, up to 35% wall loss had occurred in the 9% Cr-1% Mo steel reheater tubes, forcing a downrating of the unit, with steam temperature lowered by 50° F (28°C) from the start-up throttle of 1050°F (565°C).

Searching for a material that would resist the environment, PEC installed experimental INCOCLAD 671/800H duplex alloy tubing. The substrate alloy tube had an outside diameter of 2.28 in (58 mm) and a wall thickness of 0.23 in (5.8 mm). The cladding was 0.064 in (1.6 mm) thick. The material under test was installed in an area where the risk of corrosion was highest, suffering direct impingement of the flue gas. A wide range of coal was burned during the exposure period, with an average 2.44% sulfur content; an average 10.76% ash content; and high metallics, e.g. 3100 ppm iron, 330 ppm sodium and 1190 ppm potassium.

Laboratory evaluation after nine years of service showed that the tubing had performed well. The INCONEL alloy 671 cladding was essentially unaffected by coal-ash corrosion. No deterioration of the metallurgical bond between the cladding and the substrate was observed. The alloy 800H had shown excellent resistance to steam-side corrosion and had retained good tensile properties, stress-rupture strength and ductility. It was not sensitized to intergranular corrosion after the long exposure at 1100°F (595°C).

The Outlet Leg of a Secondary Superheater.

At another power plant in North America, the tubing, 2 in (51 mm) O.D. x 0.252 in (6.4 mm) wall with 0.075 in (1.9 mm) cladding, was installed as the outlet leg of a secondary superheater. The 225 MW unit was cyclone fired with coal containing 4.5 to 5% sulfur and 20% ash. Steam temperature was 1000°F (540°C). After approximately 5½ years' operation, a visual examination of the tubes showed no evidence of corrosion or pitting.

The United Kingdom. The U.K. Central Electricity Generating Board ran a trial reheater assembly using INCOCLAD co-extruded tubing at a 550 MW power station between 1974 and 1980 and achieved trouble-free service. This compared with the stainless steel tubes previously in service which had corroded at 0.14 in/year (3.5 mm/a) due to the particularly aggressive fuel being burned. The INCOCLAD alloy tubing was found to have suffered at only one fortieth of this rate. This assessment led to a full replacement of 32 x 24 chevron bends on the reheater, using the INCOCLAD alloy tubing.

Fuel-Ash Corrosion-Resistance in Power Plant Steam Superheaters.

INCOCLAD 617/800H tubing, 2.25 in (57 mm) O.D. x 0.375 in (9.5 mm) wall, with a cladding thickness of 0.075 in (1.9 mm), was installed in a superheater unit operating at 1055°F (570°C) and 2150 psig (14.8 MPa). The boiler, rated at 1,200,000 lb/h (540,000 kg/h) was fired by high-sulfur pulverized coal. After 32 months, the INCOCLAD alloy sample was removed and evaluated.

Cladding thickness remained uniform, circumferentially and longitudinally. Cladding exposed on the fire side showed only minimal corrosion; the most severe attack being pitting to a depth of 0.002 in (0.05 mm). The back side of the tube was essentially free of coal-ash corrosion and pitting. The INCOLOY alloy tube interior showed only a uniform, adherent oxide about 0.002 in (0.05 mm) thick.

A sample of tubing from the same installation was examined after 66 months' service. Cladding thickness remained relatively uniform, with some superficial gas impingement erosion on the fire side. The worst attack showed fissures in the cladding to a maximum depth of about 0.012 in (0.30 mm). However, about 0.060 in (1.5 mm) of cladding still remained unattacked beneath the fissures. The inside of the tubing was unchanged from the earlier review and evaluation.

U.S.A., 1997. Twenty years ago, American Electric Power (AEP) specified INCOCLAD 671/800H for superheater tubing in coal-fired boilers. The product met the twenty-year design life expectations. AEP reordered the alloy product, upgraded to alloy 800HT, for two of its power utilities, at Muskingum River in Ohio, and Kammer in the north of West Virginia. The 115,000 ft (35,000 m), 785,000 lb (350 tonne) order was engineered by the company selected for the original installation, Babcock & Wilcox, of Barberton, Ohio.



www.specialmetals.com



U.S.A. Special Metals Corporation

Billet, rod & bar, flat & tubular products

3200 Riverside Drive
Huntington, WV 25705-1771
Phone +1 (304) 526-5100
+1 (800) 334-4626
Fax +1 (304) 526-5643

Billet & bar products

4317 Middle Settlement Road
New Hartford, NY 13413-5392
Phone +1 (315) 798-2900
+1 (800) 334-8351
Fax +1 (315) 798-2016

Atomized powder products

100 Industry Lane
Princeton, KY 42445
Phone +1 (270) 365-9551
Fax +1 (270) 365-5910

Shape Memory Alloys

4317 Middle Settlement Road
New Hartford, NY 13413-5392
Phone +1 (315) 798-2939
Fax +1 (315) 798-6860

United Kingdom

Special Metals Wiggin Ltd.

Holmer Road
Hereford HR4 9SL
Phone +44 (0) 1432 382200
Fax +44 (0) 1432 264030

Special Metals Wire Products

Holmer Road
Hereford HR4 9SL
Phone +44 (0) 1432 382556
Fax +44 (0) 1432 352984

China

Special Metals Pacific Pte. Ltd.

Room 1802, Plaza 66
1266 West Nanjing Road
Shanghai 200040
Phone +86 21 3229 0011
Fax +86 21 6288 1811

Special Metals Pacific Pte. Ltd.

Room 910, Ke Lun Mansion
12A Guanghua Road
Chaoyang District
Beijing 100020
Phone +86 10 6581 8396
Fax +86 10 6581 8381

France

Special Metals Services SA

17 Rue des Frères Lumière
69680 Chassieu (Lyon)
Phone +33 (0) 4 72 47 46 46
Fax +33 (0) 4 72 47 46 59

Germany

Special Metals Deutschland Ltd.

Postfach 20 04 09
40102 Düsseldorf
Phone +49 (0) 211 38 63 40
Fax +49 (0) 211 37 98 64

Hong Kong

Special Metals Pacific Pte. Ltd.

Unit A, 17th Floor, On Hing Bldg
1 On Hing Terrace
Central, Hong Kong
Phone +852 2439 9336
Fax +852 2530 4511

India

Special Metals Services Ltd.

No. 60, First Main Road, First
Block
Vasanth Vallabha Nagar
Subramanyapura Post
Bangalore 560 061
Phone +91 (0) 80 2666 9159
Fax +91 (0) 80 2666 8918

Italy

Special Metals Services SpA

Via Assunta 59
20054 Nova Milanese (MI)
Phone +390 362 4941
Fax +390 362 494224

The Netherlands

Special Metals Service BV

Postbus 8681
3009 AR Rotterdam
Phone +31 (0) 10 451 44 55
Fax +31 (0) 10 450 05 39

Singapore

Special Metals Pacific Pte. Ltd.

24 Raffles Place
#27-04 Clifford Centre
Singapore 048621
Phone +65 6532 3823
Fax +65 6532 3621

Affiliated Companies

Special Metals Welding Products

1401 Burriss Road
Newton, NC 28658, U.S.A.
Phone +1 (828) 465-0352
+1 (800) 624-3411
Fax +1 (828) 464-8993

Canada House
Bidavon Industrial Estate
Waterloo Road
Bidford-On-Avon
Warwickshire B50 4JN, U.K.
Phone +44 (0) 1789 491780
Fax +44 (0) 1789 491781

Controlled Products Group

590 Seaman Street, Stoney Creek
Ontario L8E 4H1, Canada
Phone +1 (905) 643-6555
Fax +1 (905) 643-6614

A-1 Wire Tech, Inc.

A Special Metals Company

4550 Kishwaukee Street
Rockford, IL 61109, U.S.A.
Phone +1 (815) 226-0477
+1 (800) 426-6380
Fax +1 (815) 226-0537

Rescal SA

A Special Metals Company

200 Rue de la Couronne des Prés
78681 Epône Cédex, France
Phone +33 (0) 1 30 90 04 00
Fax +33 (0) 1 30 90 02 11

DAIDO-SPECIAL METALS Ltd.

A Joint Venture Company

Daido Shinagawa Building
6-35, Kohnan 1-chome
Minato-ku, Tokyo 108-0057, Japan
Phone +81 (0) 3 5495 7237
Fax +81 (0) 3 5495 1853

The data contained in this publication is for informational purposes only and may be revised at any time without prior notice. The data is believed to be accurate and reliable, but Special Metals makes no representation or warranty of any kind (express or implied) and assumes no liability with respect to the accuracy or completeness of the information contained herein. Although the data is believed to be representative of the product, the actual characteristics or performance of the product may vary from what is shown in this publication. Nothing contained in this publication should be construed as guaranteeing the product for a particular use or application.

PROCESOS



ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

DESCRIPCIÓN

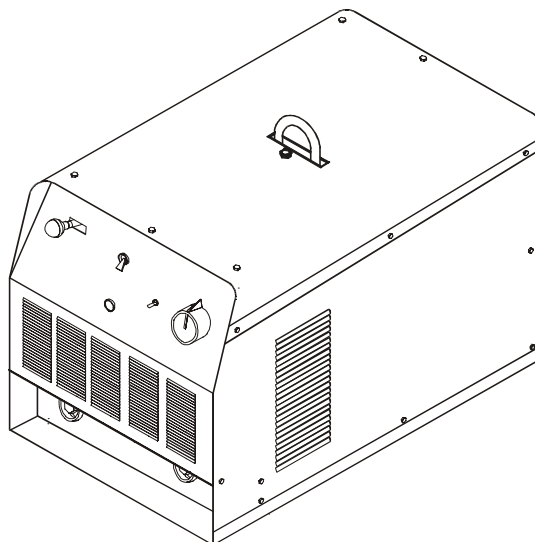


SOLDADORA DE CORRIENTE DIRECTA (CD).

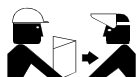
SRH 444

ARCO DE ORO

SOLDADORA DE ARCO CD



Visite nuestro website en:
www.sisa-infra.com.mx



PROPORCIONE ESTE MANUAL AL OPERADOR.

MANUAL DE OPERACION

INDICE

REGLAS DE SEGURIDAD EN SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO	i
SECCION 1 -- PALABRAS Y SEÑALES DE SEGURIDAD	1
SECCION 2 -- ESPECIFICACIONES.....	1
2 - 1. CURVAS VOLT-AMPERES	1
2 - 2. CICLO DE TRABAJO	2
SECCION 3 -- INSTALACION	2
3 - 1. SELECCION DE LA UBICACION Y MOVIMIENTO DE LA MAQUINA SOLDADORA	2
3 - 2. CONEXION A TIERRA	3
3 - 3. SELECCION Y PREPARACION DE LOS CABLES DE SALIDA	3
3 - 4. CONEXION DE LOS CABLES DE ENTRADA	4
SECCION 4 -- OPERACION	4
4 - 1. CONTROLES	4
4 - 2. INTERRUPTOR PRINCIPAL	5
4 - 3. CONTROL DE AJUSTE DE CORRIENTE Y ESCALA INDICADORA DE CORRIENTE	5
4 - 4. CONTROL REMOTO DE CORRIENTE	5
SECCION 5 -- MANTENIMIENTO Y GUIA DE PROBLEMAS.....	6
5 - 1. MANTENIMIENTO DE RUTINA	6
5 - 2. GUIA DE PROBLEMAS	6
SECCION 6 -- DIAGRAMA ELECTRICO	7
SECCION 7 -- LISTA DE PARTES	8
FIGURA 7-1. ENSAMBLE GENERAL	9
FIGURA 7-2. ENSAMBLE DEL TRANSFORMADOR	10
FIGURA 7-3. ENSAMBLE DEL RECTIFICADOR	11
POLIZA DE GARANTIA Y CENTROS DE SERVICIO	13

REGLAS DE SEGURIDAD EN LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO



PRECAUCIÓN

La Soldadura de Arco Eléctrico puede ser peligrosa

PROTEJASE USTED MISMO Y A OTROS DE POSIBLES SERIOS ACCIDENTES. MANTENGA A LOS NIÑOS ALEJADOS DE LOS LUGARES DE TRABAJO. MANTENGA A LAS PERSONAS CON REGULADORES DE LATIDO CARDIACO LEJOS DE LAS ÁREAS DE TRABAJO.

En soldadura, como en la mayoría de los trabajos. Se esta expuesto a ciertos riesgos. La soldadura es segura cuando se toma las debidas precauciones. Las reglas de seguridad dadas a continuación son únicamente un sumario de una información más completa que puede ser encontrada en las normas de seguridad. Es importante leer y seguir las reglas de seguridad.

LA REPARACION, INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SOLDAR DEBE SER SIEMPRE EJECUTADA POR PERSONAL CALIFICADO.



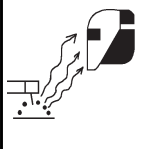
DESCARGAS ELECTRICAS pueden causar la muerte.

Tocar partes eléctricas vivas puede causar un shock total o serias quemaduras. El circuito que forman el electrodo y la pinza de tierra están eléctricamente vivas cuando la máquina es encendida. El circuito de conexión primaria a la máquina y las partes de la misma están también eléctricamente vivas cuando la máquina es encendida. En procesos de soldadura automáticos y semiautomáticos, el microalambre, los rodillos y guías de conducción, el alojamiento de los rodillos y todas las partes metálicas que tocan el microalambre están eléctricamente vivos o energizados. Una instalación incorrecta o un equipo mal aterrizado puede ser un riesgo. Siga las siguientes recomendaciones:

- 1.- No toque partes eléctricamente vivas (energizadas).
- 2.- Use siempre ropa seca, guantes en buenas condiciones y equipo de seguridad adecuado.
- 3.- Aíslese usted mismo de la pieza de trabajo y tierra pisando en tapetes aislantes y secos.
- 4.- Desconecte la máquina o pare el motor (en caso de máquinas impulsadas por motores de combustión) antes de instalarlas ó dar

mantenimiento.

- 5.- Instale y aterrice la máquina adecuadamente de acuerdo a este manual o bien de acuerdo a los códigos eléctricos nacionales, estatales o locales.
- 6.- Apague el equipo cuando no esté en uso.
- 7.- Nunca utilice cables rotos, dañados, mal empalmados o de un tamaño no recomendado.
- 8.- No enrolle cables alrededor de un cuerpo.
- 9.- La pieza de trabajo debe tener una buena conexión a tierra.
- 10.- No toque el electrodo mientras este en contacto con la pieza de tierra.
- 11.- Use únicamente máquinas que estén en buenas condiciones de operación. Cambie o repare piezas dañadas inmediatamente.
- 12.- Cuando trabaje a niveles arriba del piso utilice arneses de seguridad para prevenir caídas.
- 13.- Mantenga las cubiertas de las máquinas en su lugar y atornille adecuadamente.



LAS RADIACIONES DEL ARCO ELECTRICO pueden quemar ojos y piel; el RUIDO puede dañar el sentido auditivo.

Las radiaciones emanadas de los procesos de soldadura producen intenso calor y fuertes rayos ultravioleta que pueden quemar los ojos y piel. El ruido de algunos procesos pueden dañar el sentido auditivo.

Siga las siguientes recomendaciones:

- 1.- Utilice caretas de soldar con el lente de la sombra adecuada al tipo

de proceso de soldadura, esto protegerá su cara y ojos mientras suelda u observa algún trabajo.

- 2.- Use lentes de seguridad con el número de sombra adecuada al proceso de soldadura.
- 3.- Proteja a los demás de las chispas y destellos del arco limitando su lugar de trabajo con biombos o cortinas utilizables para procesos de soldadura.
- 4.- Utilice ropa robusta y material resistente a la flama (lana y cuero) así como zapatos de uso industrial.
- 5.- Utilice protectores auditivos si el nivel de ruido es alto.



HUMOS Y GASES pueden ser peligrosos para su salud.

La soldadura produce humos y gases que al respirarlos pueden ser riesgoso para su salud. Siga las recomendaciones siguientes:

- 1.- Mantenga la cabeza a distancia de los humos. No los respire.
- 2.- Si trabaja en interiores ventile el área o use sistemas de extracción en el arco.
- 3.- Si la ventilación es pobre, use un respirador autónomo adecuado.
- 4.- Lea las hojas de datos de los materiales a soldar, así como las instrucciones del fabricante sobre las recomendaciones para soldar metales con recubrimientos, antioxidante, etc.

5.- Trabaje en áreas confinadas únicamente si están bien ventiladas o si utiliza un respirador autónomo. Los gases de protección usados para soldar pueden desplazar el aire causando accidentes o incluso la muerte. Asegúrese que el aire que respira es limpio.

- 6.- No suelde en lugares cerca de desengrasantes, limpiadores o envases en aerosol. La temperatura y las radiaciones del arco eléctrico pueden reaccionar con los vapores formando gases tóxicos o altamente irritantes.
- 7.- No suelde en metales recubiertos con plomo zinc o cadmio a menos que: el recubrimiento sea removido del área de soldadura, el área de trabajo sea bien ventilado o si utiliza un respirador adecuado. Los recubrimientos y cualquier metal que contengan estos recubrimientos forman humos tóxicos si se les suelda.



LA SOLDADURA puede causar explosiones o fuego.

Las chispas, el metal caliente, la escoria de la soldadura, la pieza de trabajo y las partes calientes de los equipos pueden causar fuego o quemaduras. El contacto accidental del electrodo, del microalambre con objetos metálicos pueden causar chispas, sobrecalentamiento fuego. Siga las siguientes recomendaciones:

- 1.- Protéjase y proteja a otros de las chispas y del metal caliente.
- 2.- No suelde donde las chispas pueden alcanzar materiales inflamables o explosivos.
- 3.- Todos los materiales inflamables deberán estar alejados por lo menos a una distancia de 11 mts. (35 pies) del área de soldadura.

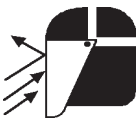
Si no es posible alejarlos deberán estar protegidos por cubiertas adecuadas.

- 4.- Las mesas o bancos de trabajo deberán contar con pequeñas ranuras por donde puedan fluir fácilmente las chispas y materiales calientes provenientes de la soldadura.
- 5.- Mantenga siempre a la mano un extinguidor en buenas condiciones para casos de emergencia.
- 6.- No suelde en contenedores cerrados como tanques o bidones para gaso lina, aceite, etc.
- 7.- Conecte la pinza de tierra a la pieza de trabajo lo más cerca posible de la zona de soldadura para evitar que la corriente fluya por grandes distancias ocasionando que pudiera hacer contacto con algún objeto extraño y provocara un corto circuito.

8.- No utilice la soldadura para deshielar tuberías congeladas.

9.- Retire el electrodo del portaelectrodo o corte el microalambre del tubo de contacto cuando no este en uso.

10.- Use prendas de vestir de material natural tal como guantes, petos y polainas de cuero, zapatos industriales y cascos.



LAS CHISPAS Y METALES CALIENTES pueden causar accidentes.

El esmerilado y rectificado provocan que algunas partículas de metal salgan disparadas, así también cuando la soldadura se enfría desprende escoria.

1.- Utilice un protector facial o lentes de seguridad.

2.- Use ropa apropiada para proteger su piel.



LOS CILINDROS pueden explotar si son dañados.

Los cilindros que almacenan los gases de protección contienen gas a gran presión, si son dañados pueden explotar. Ya que los cilindros de gas son generalmente parte del proceso de soldadura, asegúrese de manejarlos cuidadosamente.

Siga las siguientes instrucciones:

1.- Proteja a los cilindros de gas comprimido de las excesiva temperatura, los golpes y arcos eléctricos.

2.- Instale y asegure los cilindros en una posición vertical y encadénelos a un soporte estacionario o a un contenedor especialmente diseñado para su manejo. Con esto evitará caídas y golpes.

3.- Mantenga los cilindros alejados del circuito de soldadura o de cualquier otro circuito eléctrico.

4.- Evite tocar el cilindro con el electrodo.

5.- Utilice únicamente los gases de protección, reguladores, mangueras y dispositivos diseñados y recomendados para cada aplicación específica. Mantenga los cilindros y sus accesorios siempre en buenas condiciones de trabajo.

6.- Siempre que abra la válvula de gas párese del lado opuesto a la salida del gas.

7.- Mantenga siempre la capucha de protección sobre la válvula excepto cuando el cilindro está en uso ó cuando está siendo conectado para uso.

8.- Lea y siga las instrucciones dadas por los fabricantes de estos equipos.



PRECAUCIÓN

Los motores de combustión interna pueden ser peligrosos



LOS GASES DE SALIDA de un motor pueden causar la muerte.

1.- Use estas máquinas en los exteriores o en áreas bien ventiladas.

2.- Si estas máquinas son usadas en interiores dirija los gases hacia el exterior y lejos de las entradas de aire lavado, acondicionado, etc.



EL COMBUSTIBLE usado en los motores puede causar fuego o explosión.

El combustible es altamente flamable. Siga las siguientes recomendaciones:

1.- Detenga la marcha del motor antes de verificar o agregar combustible.

2.- No agregue combustible mientras esté fumando o si la

máquina se encuentra cerca de chispas o flamas.

3.- Permita que el motor se enfríe antes de agregar combustible. De ser posible verifique que el motor esté frío antes de iniciar el trabajo.

4.- No sobrellene el tanque de combustible, deje espacio para la expansión del combustible.

5.- No derrame el combustible. Si el combustible es derramado limpie el área antes de arrancar el motor.



LAS PARTES EN MOVIMIENTO pueden causar accidentes.

Las partes en movimiento como ventiladores, rotores y bandas pueden llegar a cortar dedos o incluso una mano o pueden atrapar ropa suelta. Observe estas recomendaciones:

1.- Mantenga todas las puertas, paneles, cubiertas y guardas cerradas y aseguradas en su lugar.

2.- Detenga la marcha del motor antes de hacer cualquier instalación o conexión.

3.- Cuando tenga necesidad de quitar guardas, cubiertas, dar mantenimiento o

reparar un equipo asegúrese de que sea hecho únicamente por personal calificado.

4.- Para prevenir arranques accidentales del motor cuando se le este dando mantenimiento, desconecte el cable de la terminal negativa de la batería.

5.- Mantenga las manos, cabello, ropa floja y herramientas alejadas de las partes en movimiento.

6.- Reinstále los paneles o guardas y cierre las puertas cuando el servicio ha sido concluido y antes de arrancar el motor.



LAS CHISPAS pueden causar que los gases producidos por las baterías **EXPLOTEN**; los ácidos de las baterías pueden causar quemaduras en los ojos y piel.

Las baterías contienen ácidos y generan gases explosivos.

Siga las siguientes recomendaciones

1.- Siempre utilice un protector facial cuando trabaje en una

batería.

2.- Detenga la marcha del motor antes de conectar o desconectar los cables de la batería.

3.- No permita que las herramientas causen chispas cuando trabaje en una batería.

4.- No utilice una soldadura para cargar baterías o como puente para arrancar vehículos.

5.- Conecte las baterías a su polaridad adecuada.



EL VAPOR Y EL LIQUIDO REFRIGERANTE CALIENTE Y PRESURIZADO pueden quemar cara, ojos y piel.

El refrigerante en el radiador esta a altas temperaturas y bajo presión.

Siga las siguientes recomendaciones:

1.- No quite el tapón del radiador cuando el motor esté

caliente. Permita que el motor se enfríe.

2.- Cuando quite un tapón use guantes y ponga un trapo mojado sobre el gollete del radiador cuando remueva el tapón.

3.- Permita que la presión baje antes de quitar completamente el tapón.

SECCION 1 PALABRAS Y SEÑALES DE SEGURIDAD

La siguiente simbología de seguridad y palabras claves se utilizan durante todo el instructivo para llamar la atención y para identificar los diferentes niveles de peligro e instrucciones especiales.



PRECAUCION

La mención de la palabra precaución nos indica que ciertos procedimientos ó conductas deberán seguirse para evitar serios daños corporales ó la muerte.



ADVERTENCIA

La mención de la palabra advertencia nos indica que ciertos procedimientos ó conductas deberán seguirse para evitar daños corporales ó daño al equipo.

IMPORTANTE: Estas dos partes identifican instrucciones especiales necesarias para una operación más eficiente del equipo.

SECCION 2 ESPECIFICACIONES

CORRIENTE NOMINAL	TENSION MAXIMA DE CTO. ABIERTO	RANGO DE CORRIENTE		CONSUMO EN AMPERES A CARGA NOMINAL 60 Hz.			
60 % CICLO DE TRABAJO		BAJO	ALTO	220 V	440V	kW	kVA
400 A a 36 V	80 V	45-345	80-550	84 Amps.	42 Amps.	21.6	32

DIMENSIONES DE LA MAQUINA Cm (In).			PESO Kg (Lb)	
ALTO	ANCHO	LARGO	NETO	EMBARQUE
838(33")	559(22")	1232(48-1/2")	316(696.65)	335(738.54)

2-1 CURVAS VOLT - AMPERES.

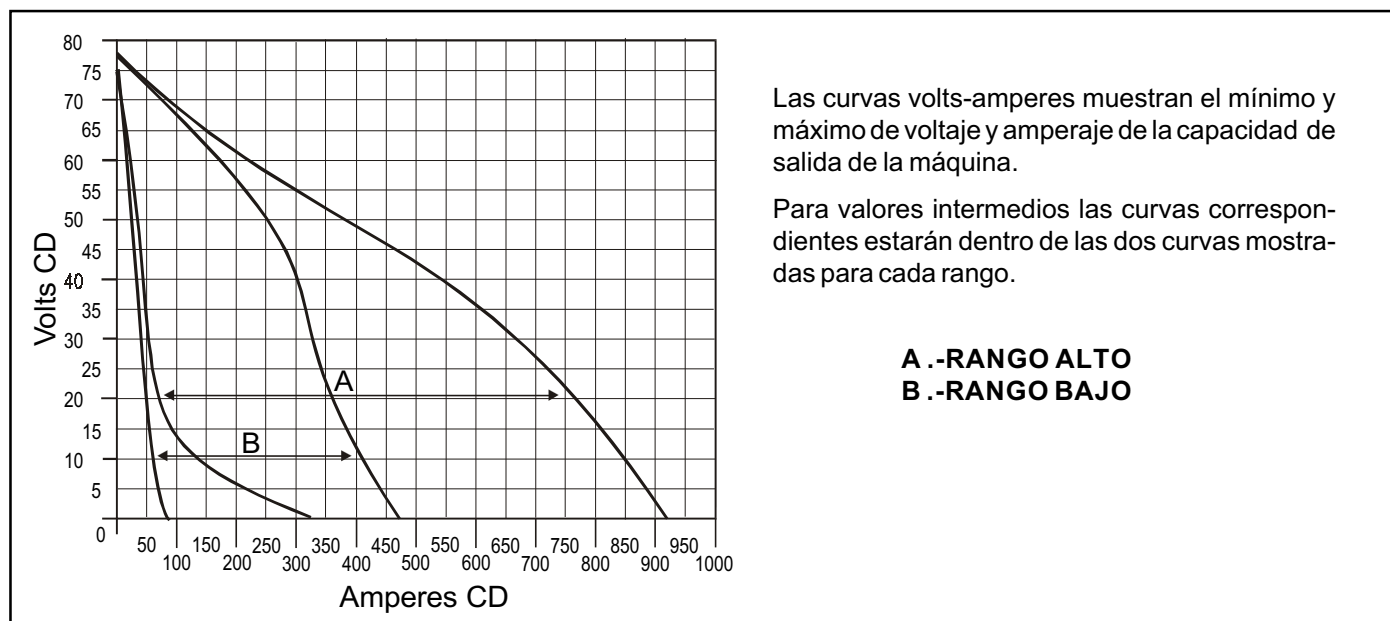


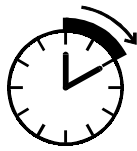
FIGURA 2-1 CURVAS VOLTS-AMPERES.

2-2 CURVA DE CICLO DE TRABAJO.



PRECAUCION

EXCEDIENDO LOS CICLOS DE TRABAJO PUEDEN DAÑAR LA UNIDAD. No exceda los ciclos de trabajo indicados.



MINUTOS

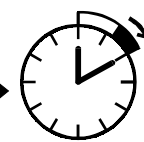
Definición

Ciclo de trabajo es el porcentaje de 10 minutos en el cual la unidad puede soldar a la corriente nominal sin sobrecalentarse.

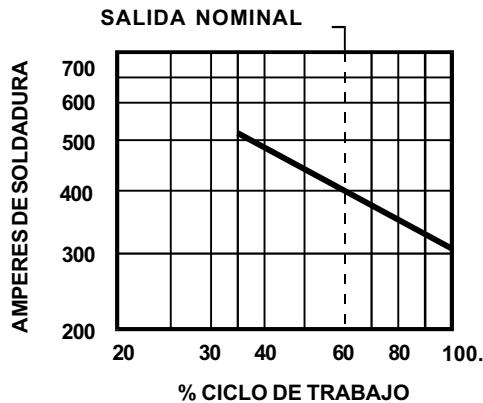
60 % Ciclo de Trabajo a 400 Amps.



6 Minutos Soldando



4 Minutos sin Soldar



Las curvas del ciclo de trabajo muestran cuanto tiempo la unidad puede operar dentro de un periodo de 10 minutos sin causar sobrecalentamiento ó daño.

Esta unidad puede trabajar al 60% ciclo de trabajo cuando esta siendo operada a su corriente nominal. Permitiendo soldar 6 minutos de cada periodo de 10 minutos. Si el amperaje de soldadura disminuye el ciclo de trabajo aumenta.

FIGURA 2-2 CICLO DE TRABAJO.

SECCION 3 INSTALACION

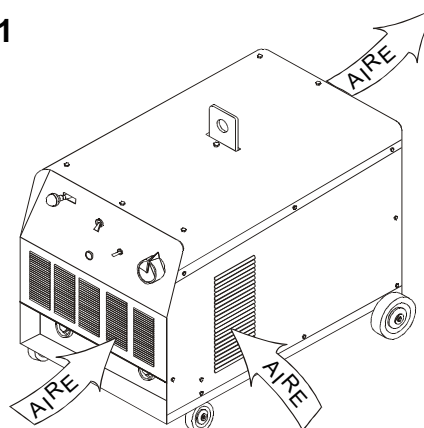
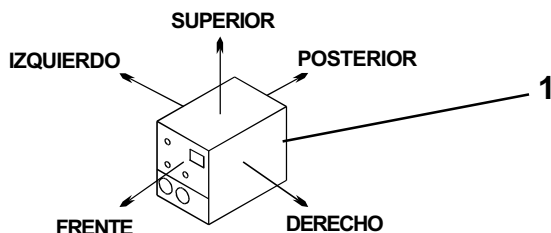
3.1 SELECCION DE LA UBICACION Y MOVIMIENTO DE LA MAQUINA SOLDADORA.



PRECAUCION



LEA LAS REGLAS DE SEGURIDAD AL PRINCIPIO DEL MANUAL



1.- Dejar un espacio abierto (mínimo) de 50 cms. en cada uno de los lados para evitar cualquier obstrucción del flujo de aire.

FIGURA 3-1 LOCALIZACION Y MOVIMIENTO DE LA MAQUINA SOLDADORA

3-2 CONEXION A TIERRA DE LA UNIDAD

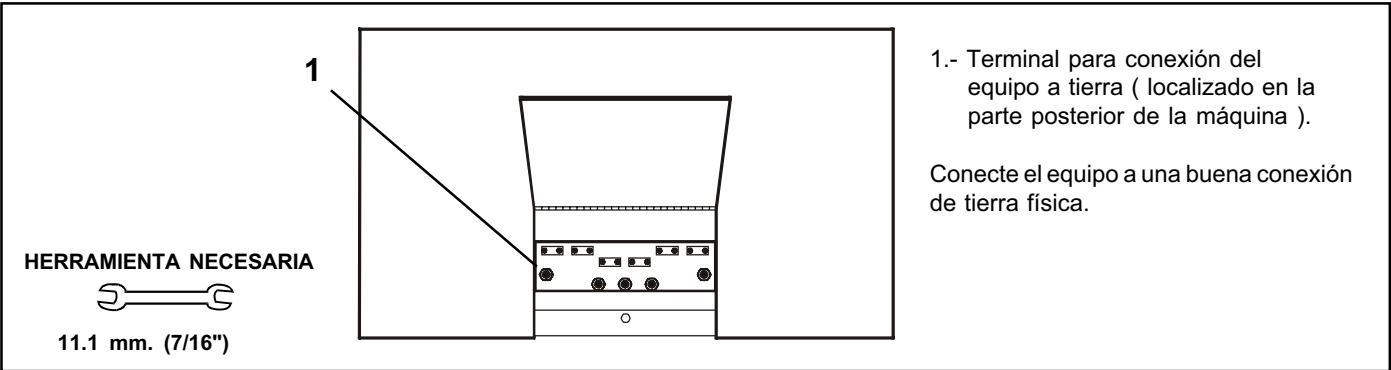


FIGURA 3-2 CONEXION A TIERRA DE LA UNIDAD.

3-3 SELECCION Y PREPARACION DE LOS CABLES DE SALIDA PARA SOLDAR.

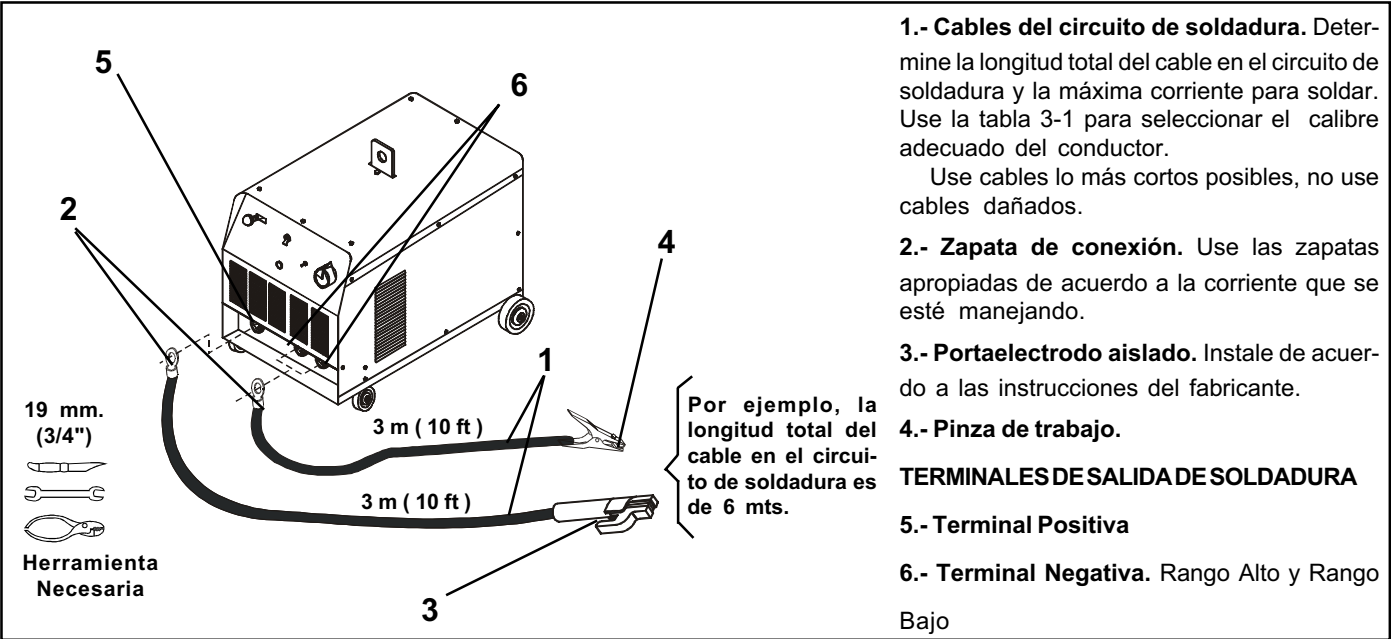


FIGURA 3-3 SELECCION DE LOS CABLES PARA SOLDAR

TABLA 3-1 CALIBRE DEL CABLE PARA SOLDAR

AMPERAJE DE SOLDADURA	LARGO TOTAL DEL CABLE (COBRE) EN EL CIRCUITO DE SOLDADURA (NO EXCEDER *)							
	30 MTS. ó MENOS		45 MTS.	60 MTS.	70 MTS.	90 MTS.	105 MTS.	120 MTS.
	10 A 60% C. DE T.	60 HASTA 100% C. DE T.	10 HASTA 100% CICLO DE TRABAJO					
100	4	4	4	3	2	1	1/0	1/0
150	3	3	2	1	1/0	2/0	3/0	3/0
200	3	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0
250	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-2/0
300	1	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-3/0
350	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-3/0	2-4/0
400	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-4/0	2-4/0
500	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-4/0	3-3/0	3-3/0

* El tamaño del cable para soldar (AWG). Esta basado en una caída de voltaje de 4 volts ó en una densidad de corriente de 300 circular mils por amper. Use cable para soldar con un rango de aislamiento igual ó mayor que el voltaje de circuito abierto de la unidad.

3-4 CONEXIONADO EN LAS TERMINALES DE ENTRADA

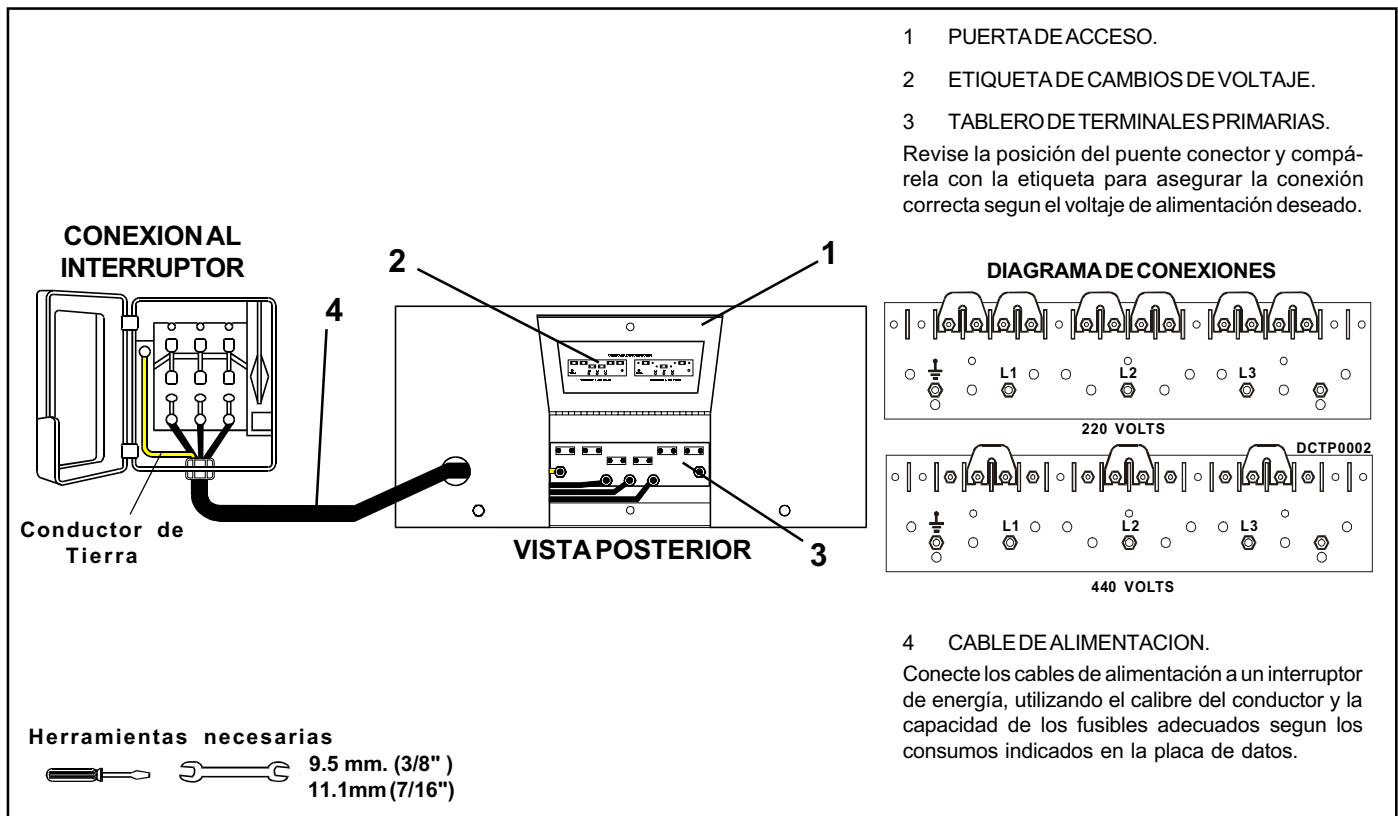


FIGURA 3-4 CONEXIONADO EN LAS TERMINALES DE ENTRADA

SECCIÓN 4 OPERACIÓN



4-1 CONTROLES

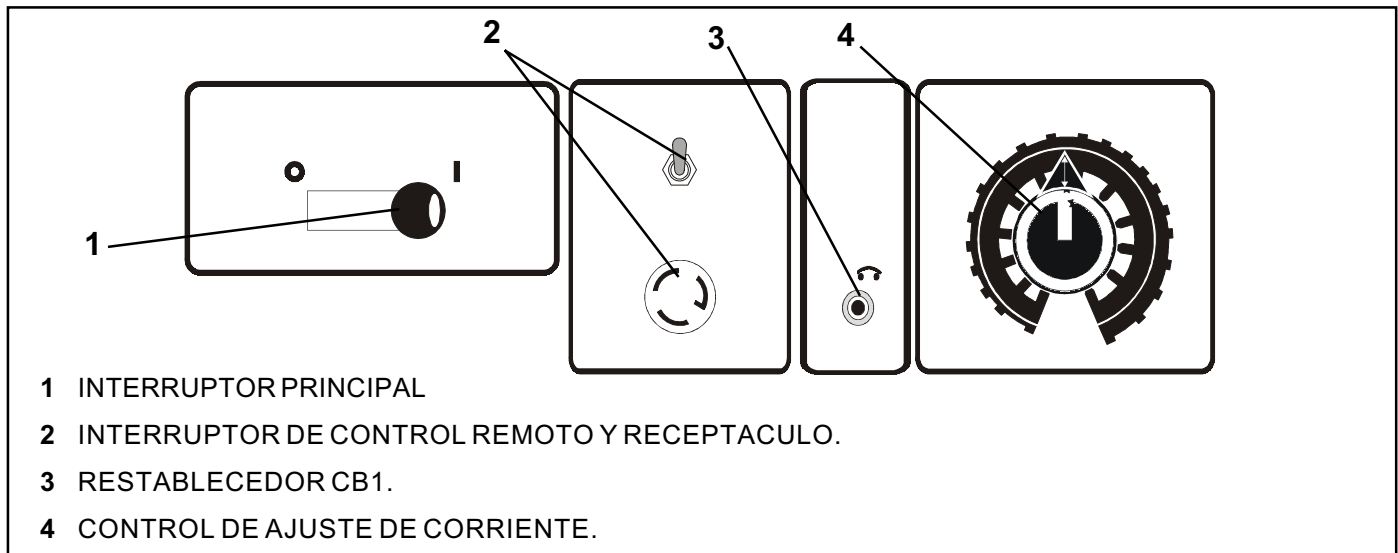
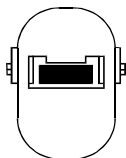
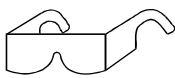
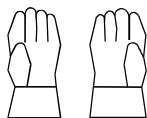


FIGURA 4-1 CONTROLES



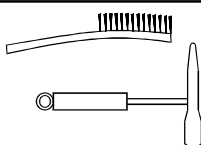
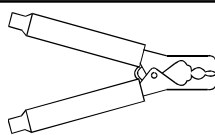
1- Guantes aislantes.

2- Lentes de seguridad con cubierta lateral.

3- Careta para soldar.

Siempre use guantes de aislamiento, lentes de seguridad con cubierta lateral y careta para soldar con el sombreado adecuado en el cristal.

FIGURA 4-2 EQUIPO DE SEGURIDAD



1- Pinza de trabajo

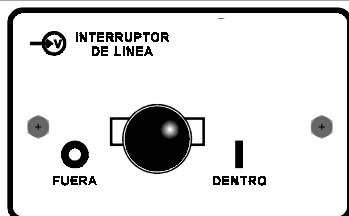
Use un cepillo de alambre ó lija para limpiar las partes que se van a unir.

Use un martillo con punta para remover las rebabas después de soldar.

Conecte la pinza de trabajo a una superficie limpia y sin pintura ó a la pieza de trabajo, tan cerca como le sea posible de la zona a soldar.

FIGURA 4-3 PINZAS DE TRABAJO.

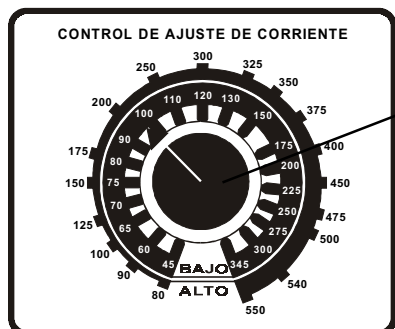
4-2 INTERRUPTOR DE LINEA.



Coloque el interruptor en la posición **DENTRO** para energizar la máquina.

Coloque el interruptor en la posición **FUERA** para desenergizar la máquina.

4-3 CONTROL DE AJUSTE DE CORRIENTE Y ESCALA INDICADORA



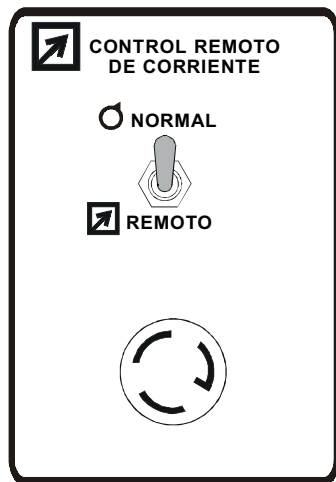
1 ESCALA INDICADORA DE CORRIENTE.

Esta escala indica el amperaje de salida al que esta ajustada la máquina, para una mejor operación de soldadura.

RANGO BAJO: este rango se utiliza cuando el selector de rango está colocado en la posición BAJO obteniendo un rango de corriente de salida de 45 a 345 amperes

RANGO ALTO: Este rango se utiliza cuando el selector de rango está colocado en la posición ALTO obteniendo un rango de corriente de salida de 80 a 550 amperes

4-4 CONTROL REMOTO DE CORRIENTE.



1.- INTERRUPTOR DE CONTROL DE CORRIENTE.

POSICION NORMAL: La corriente de soldadura se ajusta con el CONTROL DE AJUSTE DE CORRIENTE ubicado en el frente de la máquina.

POSICION REMOTO: Es necesario conectar al receptáculo un dispositivo de control remoto de corriente. La corriente de soldadura se ajusta desde el lugar donde esté ubicado el control remoto.

SECCION 5 MANTENIMIENTO Y GUIA DE PROBLEMAS



ADVERTENCIA



LEA LAS REGLAS DE SEGURIDAD AL PRINCIPIO DEL MANUAL

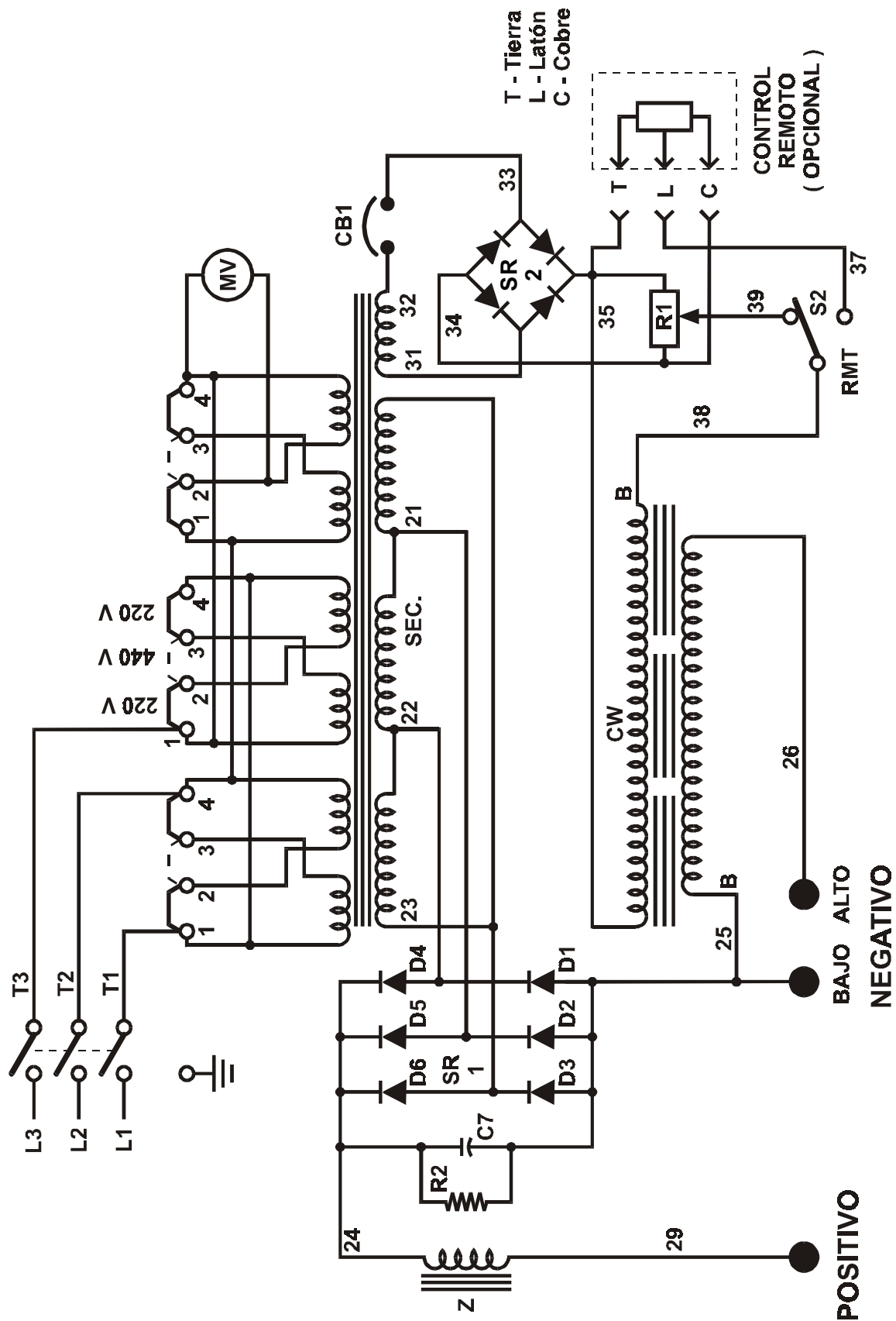
5-1 MANTENIMIENTO DE RUTINA

TIEMPO	MANTENIMIENTO
CADAMES	USO NORMAL: NINGUNO; MAS DEL USO NORMAL: REPARE CUALQUIER CABLE DAÑADO, LIMPIE Y APRIETE LAS CONEXIONES DE LOS CABLES, LIMPIE LAS PARTES INTERNAS.
CADA 3 MESES	REPARE CUALQUIER AISLAMIENTO DAÑADO Ó CAMBIE LOS CABLES DE SOLDADURA SI ES NECESARIO, LIMPIE Y APRIETE LAS CONEXIONES, SOPLETEE Ó ASPIRE EL POLVO ACUMULADO EN EL INTERIOR.
CADA 6 MESES	REEMPLACE CUALQUIER ETIQUETA QUE ESTE ILEGIBLE O DAÑADA, SOPLETEE Ó ASPIRE EL INTERIOR DE LA MAQUINA PARA REMOVER EL POLVO Y SUCIEDAD.

5-2 GUIA DE PROBLEMAS.

PROBLEMA	SOLUCION
CORRIENTE DE SOLDADURA ERRÁTICA	• REVISE QUE NO HAYA CONEXIONES FLOJAS. • REVISE QUE LOS ELECTRODOS NO ESTÉN DEFECTUOSOS Ó HÚMEDOS.
VENTILADOR NO FUNCIONA	• REVISE LOS FUSIBLES DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL. • INTERRUPTOR PRINCIPAL DEFECTUOSO - REVISAR Y REPARAR. • REVISE EL MOTOR VENTILADOR.
NO HAY CONTROL EN LA CORRIENTE Ó ESTA MUY REDUCIDA	• REVISE QUE EL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN SEA EL ADECUADO. • REVISE QUE NO HAYA CABLES MUY LARGOS Ó DE CALIBRE INADECUADOS. • REVISE QUE NO HAYA CONEXIONES FLOJAS.
VENTILADOR GIRA LENTAMENTE	• CHEQUE LA CONEXIÓN DEL VENTILADOR SEGUN DIAGRAMA ELÉCTRICO. • REVISE QUE EL MOTOR GIRE LIBREMENTE.
TENSION Y CORRIENTE DE SALIDA ALTOS Ó BAJOS	• REVISE LA CONEXIÓN DEL PUENTE CONECTOR EN EL TABLERO PRIMARIO, QUE LA CONEXIÓN CORRESPONDA AL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN.
EL VENTILADOR GIRA NORMALMENTE PERO NO HAY CORRIENTE DE SALIDA	• REVISE QUE LOS CABLES PORTAELECTRODOS ESTÉN HACIENDO BUEN CONTACTO ENTRE CONEXIONES.

SECCION 6 DIAGRAMA ELECTRICO.

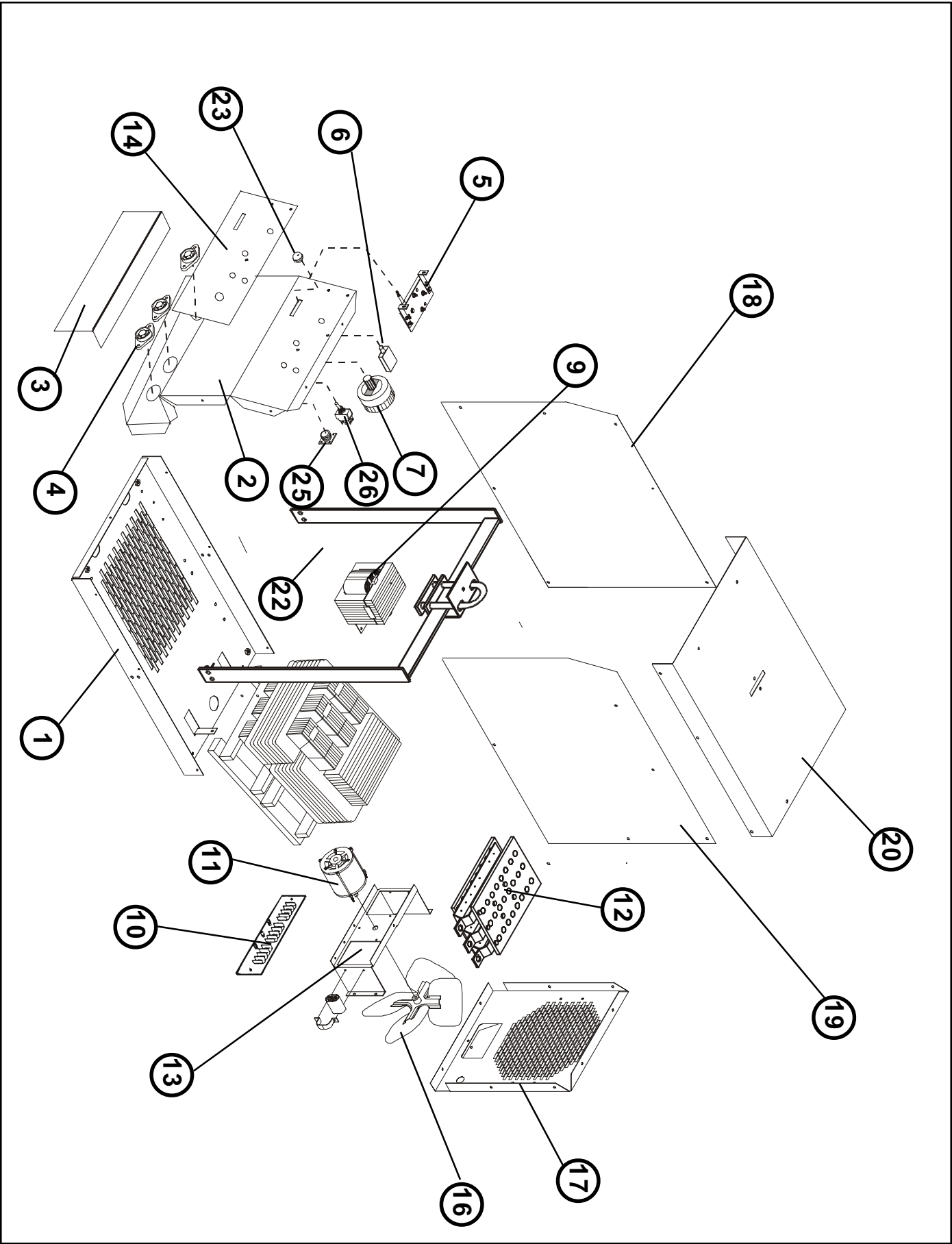


SECCION 7 LISTA DE PARTES

LISTA 7-1 GENERAL DE PARTES

REF.	NO. INV.	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	PC 0922	Chasis	1
2	PF 0412	Tapa frontal superior	1
3	PP 1845	Tapa frontal inferior	1
4	PP 2390	Terminales de salida	3
5	PD 0098	Desconectador trifasico	1
6	MC 10192	Restablecedor de 10 amperes.	1
7	MR00549	Reostato 15Ω, 3.16 Amperes.	1
8	PB 0904	Banco de núcleos armado.	1
9	PE 0385	Estabilizador. Consiste de:	1
	PN0047	Núcleo del Estabilizador	1
	PB 0535	Bobina del Estabilizador	1
	PC 1076	Cabeza del Núcleo del estabilizador	1
10	PT 1052	Tablero primario de conexiones	1
11	MM02962	Motor 1/8 H.P. 220V, 60Hz.	1
12	PP 2328	Placa rectificadora armada.	1
13	PS 0636	Soporte del motor	1
14	PP 2390	Placa de datos	
16	MA01082	Aspas	1
17	PT 0834	Tapa posterior	1
18	PT 0596	Tapa lateral izquierda	1
19	PT 0597	Tapa lateral derecha	1
20	PC 0502	Cubierta.	1
21	PE 0078	Empaque de hule	1
22	MR01208	Rectificador 25 amperes.	1
23	MP 00363	Perilla de baquelita.	1
25	MR00530	Receptaculo tripolar.	1
26	MI01196	Interruptor 2P 1T.	1

FIGURA 7-1 ENSAMBLE GENERAL



LISTA 7-2 ENSAMBLE DEL TRANSFORMADOR

REF.	NO. INV.	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	PC 0197	Núcleo del transformador. (Transformador principal).	1
2	PC 0198	Núcleo del transformador. (Amplificador Magnético).	3
3	PB 0125	Bobina de control cd.	1
4	PB 0905	Bobina primaria - secundaria tipo " A ".	1
5	PB 0906	Bobina primaria - secundaria tipo " B ".	2
6	PC 0202	Cabeza del núcleo (transformador)	2
7	PC 0199	Cabeza del núcleo (Amplificador Magnético).	3
8	MC 00858	Cuña.	12

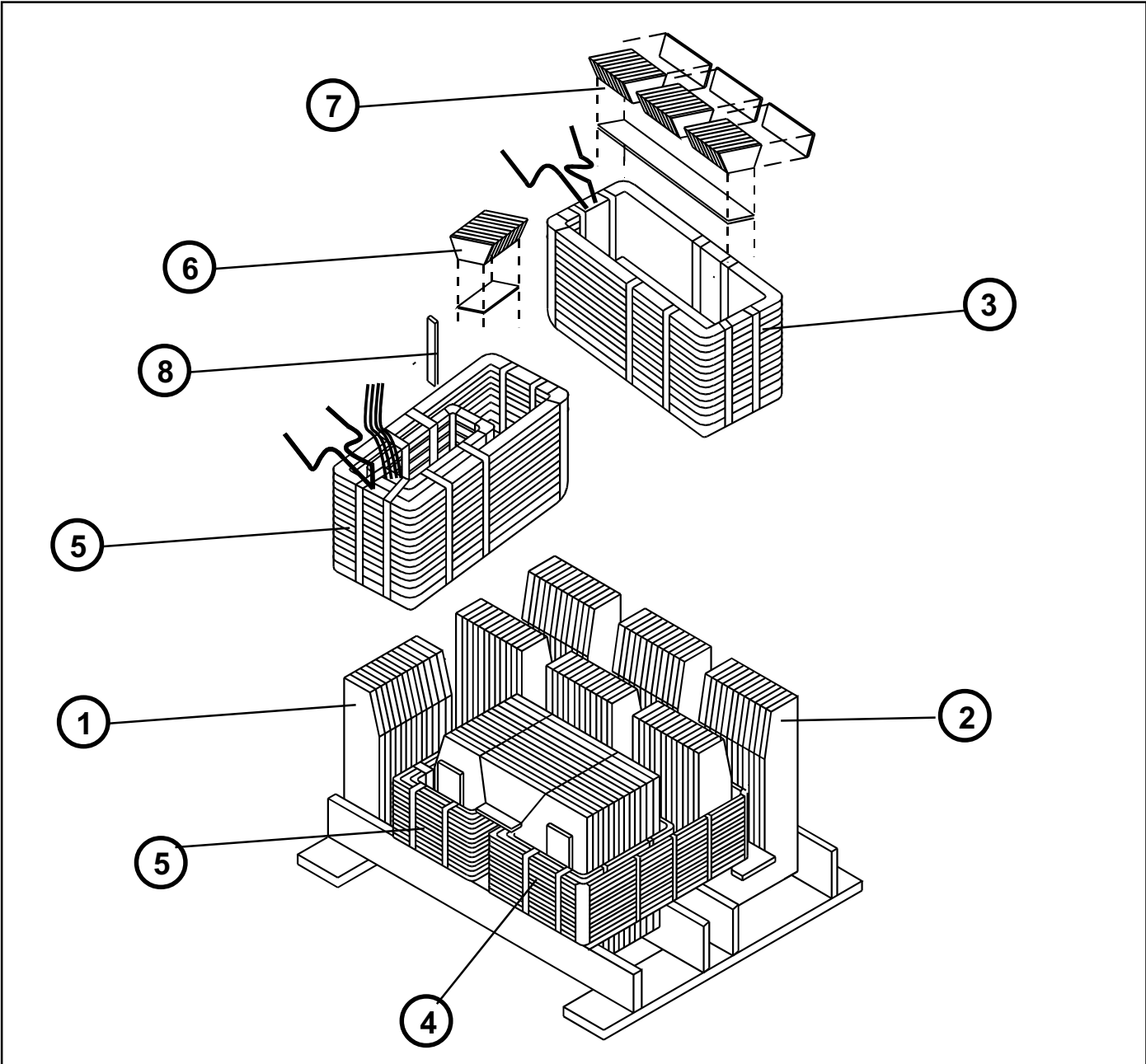


FIGURA 7-2 ENSAMBLE DEL TRANSFORMADOR.

LISTA 7-3 ENSAMBLE DEL RECTIFICADOR

REF.	NO. INV.	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	PP 02097	Placa rectificadora negativa.	1
2	PP 2096	Placa rectificadora positiva	1
3	PS 0386	Separador	4
4	PF 0441	Filtro del rectificador.	1

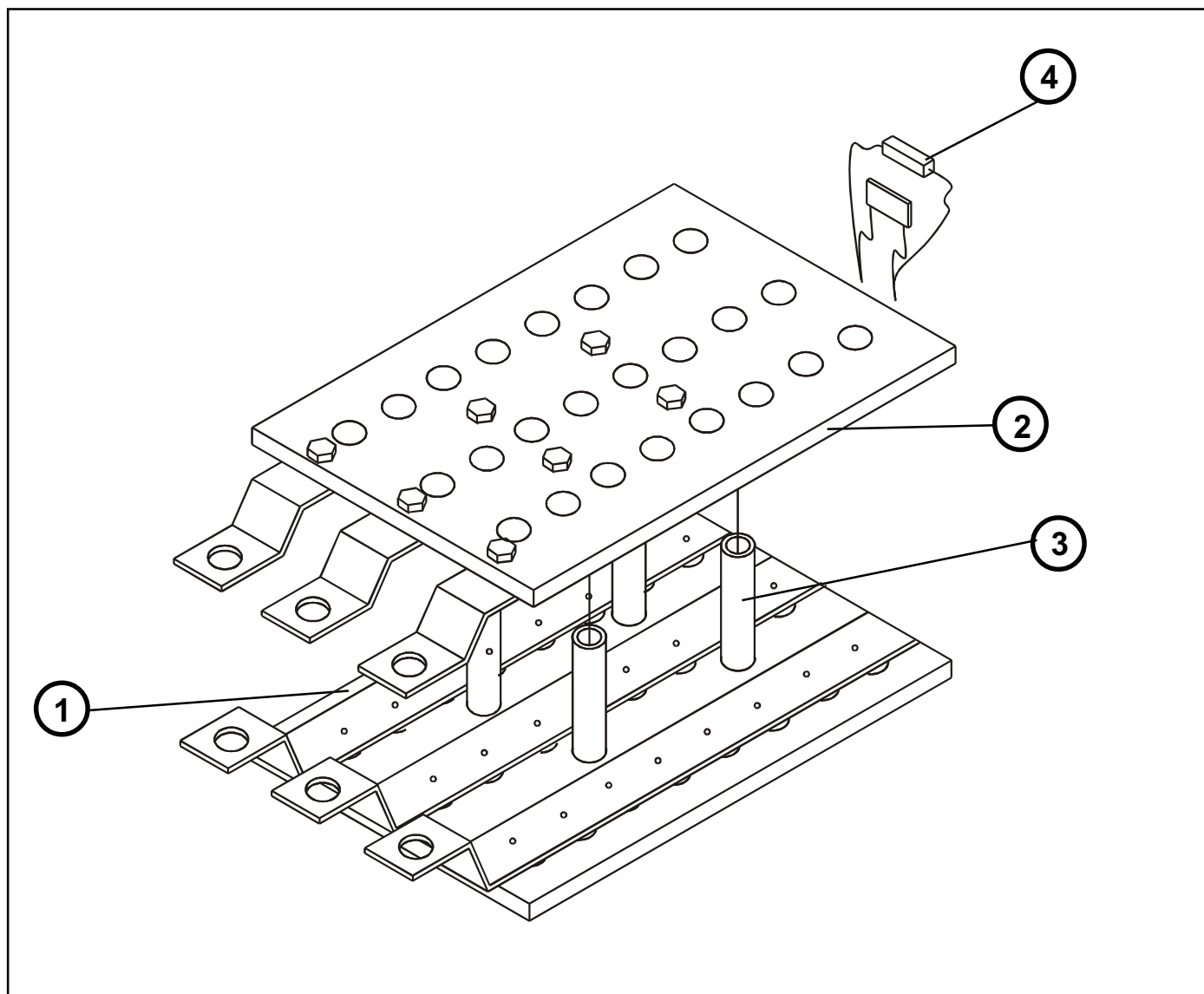


FIGURA 7-3 ENSAMBLE DEL RECTIFICADOR

NOTAS

POLIZA DE GARANTIA

GARANTIA UNIFORME PARA MAQUINAS INFRA

SOLDADORAS INDUSTRIALES INFRA, S.A. DE C.V., garantiza sus equipos de soldar por arco eléctrico, de corte por plasma y/o sus accesorios a partir de la fecha de entrega al usuario, comprometiéndose a la reposición sin cargo de toda pieza que se determine en nuestra Fábrica o Centros de Servicio y Talleres Autorizados en la República Mexicana, estar defectuosa a causa de los materiales o mano de obra deficientes, por los periodos de tiempo siguientes:

MAQUINAS SOLDADORAS ESTATICAS Y CORTE POR PLASMA

TRANSFORMADOR	3 AÑOS
---------------	--------

MAQUINAS SOLDADORAS ROTATIVAS

CONMUTADORES	1 AÑO
ESTATOR	3 AÑOS
ROTOR	3 AÑOS
MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	1 AÑO

(EL FABRICANTE DEL MOTOR OTORGA LA GARANTIA).

ACCESORIOS

ALIMENTADORES (MECANISMO ALIMENTADOR)	1 AÑO
ANTORCHAS (PROCESO MIG/TIG)	3 MESES
ANTORCHAS DE CORTE POR PLASMA	3 MESES
CONTROL REMOTO	3 MESES
RECIRCULADOR DE AGUA	3 MESES
RECTIFICADOR	1 AÑO
TARJETA DE CIRCUITO IMPRESO	3 MESES
PARTES ELECTRICAS EN GENERAL	30 DIAS

BAJO LAS CONDICIONES SIGUIENTES:

1°.- Para hacer efectiva esta Póliza de Garantía no podrán exigirse mayores requisitos que la presentación de esta Póliza con el producto en la dirección más cercana de la fábrica, Centro de Servicio y Talleres Autorizados en la República Mexicana.

2°.- **SOLDADORAS INDUSTRIALES INFRA S.A. DE C.V.**, se compromete a cambiar o reparar el producto, así como las piezas y componentes defectuosos del mismo sin ningún cargo para el consumidor. Los gastos de transportación que se deriven de su cumplimiento serán cubiertos por esta Empresa.

3°.- El tiempo de reparación o canje, en ningún caso será mayor de 30 días, contados a partir de la recepción del producto.

4°.- Las refacciones y partes pueden adquirirse en las direcciones citadas adjuntas a esta Póliza de Garantía.

5°.- El consumidor podrá solicitar que se haga efectiva esta Garantía en la Casa Comercial donde haya adquirido el producto.

ESTA GARANTIA NO ES VALIDA EN LOS SIGUIENTES CASOS:

a).- Esta Garantía no tendrá validez en el caso de que la máquina haya sido reparada o alterado su orden de funcionamiento por personas no autorizadas por **SOLDADORAS INDUSTRIALES INFRA S.A. DE C.V.**, o bien que haya sido sujeta a trabajos fuera de las especificaciones de la misma, abusos, negligencias o sufrido accidentes.

b).- Esta Garantía no es aplicable a consumibles tales como: tubos de contacto, boquillas, electrodos, aislantes, adaptadores, toberas portamordazas, monocoils, etc.

c).- En caso de no haber realizado al equipo la rutina normal de mantenimiento.

d).- Los tableros secundarios no tendrán garantía cuando no se utilicen las zapatas correspondientes y las mismas no hayan sido apretadas adecuadamente.

NOTA: EN CASO DE QUE LA PRESENTE POLIZA DE GARANTIA SE EXTRAVIARA DENTRO DEL PERIODO DE GARANTIA, SOLDADORAS INDUSTRIALES INFRA S.A. DE C.V., EXTENDERA AL CONSUMIDOR OTRA, PREVIA LA PRESENTACION DE LA NOTA DE COMPRA O FACTURA RESPECTIVA.

Se recomienda que estos datos se anoten, y sellen en conjunto con el vendedor, y deberá enviarse a la planta **SOLDADORAS INDUSTRIALES INFRA S.A. DE C.V.**, ubicada en la calle de Plásticos no. 17, Naucalpan de Juárez Estado de México, por la Casa Distribuidora que hizo la venta. Así mismo cuando su equipo requiera alguna reparación, exija se llene el formulario anterior por el Técnico del Centro de Servicio o Taller Autorizado.

DATOS DE LA MAQUINA QUE CUBRE ESTA GARANTIA

Nombre del propietario: _____

Domicilio: _____

Modelo de la máquina: _____

Número de serie: _____

Fecha de la venta: _____

Nombre del vendedor: _____

Firma del vendedor: _____

Número de la factura: _____

NOTAS

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 20 evenly spaced horizontal black lines across its entire width, providing a template for writing or drawing. The margins are consistent on all sides.

CENTRAL DE SERVICIO

CENTRAL DE SERVICIO DE PLANTA
PLASTICOS NO. 17
SAN FCO. CUAUTLALPAN
C.P. 53560, NAUCALPAN, EDO. DE MEXICO
TEL. 53-57-87-74, 53-58-41-83, 53-58-44-00 FAX: 55-76-23-58
GTE.: JOSE LUIS RODRIGUEZ R.

TALLERES AUTORIZADOS EN MEXICO D.F.

IMPULSORA DE EQUIPOS S.A.

GUAM No 68
COL. EUZKADI
C.P. 02662 MEXICO D.F.
TEL. 55-56-91-42 FAX 53-55-36-49
AT'N: SR. EFRAIN MARQUEZ

SERVI WELD

VIA MORELOS # 168-C
COL. NVO. LAREDO C.P. 55080
ECATEPEC, EDO. DE MEX.
TEL: 57-87-93-94
FAX: 55-09-21-81
AT'N: SR HECTOR RAMOS G.

EL REY MILLER

AZORES # 224 - 6
COL. PORTALES..
MEXICO D.F.
TEL. 56-44-76-01
AT'N: ING. RICARDO FLORES

*SERVI-TEC

MEXICAS NO.14-3
COL. SANTA CRUZ ACATLAN
NAUCALPAN EDO DE MEXICO
TEL. 53-60-63-59
CEL. 0445 100-17-54

SERVI WELD

ZUMPANGO 123 - C
COL. LA ROMANA C.P. 54030
TLALNEPLANTLA, EDO. DE MEX.
TEL: 55-65-06-43 51-75-65-08
FAX: 55-65-19-40
AT'N: SR ERIC RAMOS GONZALEZ.

TESSI S.A. DE C.V.

GRANADA No 60
COL. MORELOS.
MEXICO D.F.
TEL. 55-29-10-10 FAX 55-26-46-73
AT'N: ING. RICARDO CARAVANTES

HERRAMIENTAS Y SERVICIOS PROFESIONALES S.A. DE C.V.

GIOTTON No 46
COL. MIXCOAC. C.P. 01460
MEXICO D.F.
TEL/FAX: 56-11-44-00

TALLERES AUTORIZADOS EN EL INTERIOR DE LA REPUBLICA

AGUASCALIENTES.

*** ROSALES VILLANUEVA JULIO.**
Esaña # 415-A
Hno. Carreon C.P. 20210 Aguascalientes.
Tel. 01 (49) 13-58-00

BAJA CALIFORNIA.

SOLUCIONES TECNICAS
Calz. Héctor Terán Terán No.. 1511
Col. Televisora
C.P. 21300
Mexicali, Baja California
Tel. 01 (65) 57-91-65: 01 (65) 81-56-72

*** EQUIPOS Y SOLDADURAS DE TIJUANA.**
Mision Sn. Luis # 655.
Frac. Kino C.P. 22580
Tijuana, Baja California.
Tel. 01 (66) 81-09-18 Fax. 01 (66) 25-73-21
AT'N SR. ARTURO CAMACHO IBARRA.

*** OXIGENO Y EQUIPOS S.A.**
Blvd. Agua Caliente 1630
Col. Agua Caliente C.P. 22420.
Tijuana Baja California.
Tel 01 (66) 86-12-11
Fax 01 (66) 81-87-31
AT'N ING. ANTONIO GARCIA

CAMPECHE

*** SOLDURAS Y EQUIPOS DE CAMPECHE.**
Ave. Gobernadores No. 345
Col. Santa Ana. C.P. 24050
Campeche Camp.
Tel y Fax 01 (98) 16-63-24
AT'N SR. WILLIAM PATRON R.

*** BUFETE DE MANTENIMIENTO. PREDICTIVO
INDUSTRIAL S.A. DE C.V.**
Calle 33 a # 105
Frac. Lomas de Holche.
Cd. del Carmen, Camp.
Tel 01 (938) 2-88-50 / 2-74-23
AT'N SR. LUIS ENRIQUE CAMARGO.

COAHUILA.

*** MATERIALES Y REPRESENTACIONES LAGACERO
S.A. DE C.V.**
Calz. Cuauhtemoc # 965 Norte.
Col. Centro C.P. 27220
Torreon Coahuila.
Tel. y Fax, 01 (17) 13-80-58, 13-72-12, 17-45-49
AT'N: LIC. DAVID SADA.

*** HEMA SERVICIO**
Prolongacion Comonfort No 954 Sur
Col. Luis Echeverria C.P. 27220
Torreon Coahuila
Tel 01 (17) 16-09-99; 01 (17) 16-09-97
Fax 01 (17) 16-29-93
e-mail: hemaserv@prodigy.net.com
AT'N ING. ALVARO HERNANDEZ.

COAHUILA.

*** SERVICIOS ELECTROMECANICOS Y ESTRUCTURALES**
Ave. Chihuahua # 251
Col. Centro C.P. 25600 Cd. Frontera Coah.
Tel 01 (86) 35-15-58; (01 86) 35-07-42
AT'N SR. JUAN GONZALEZ.

CHIAPAS.

*** ELECTRICIDAD INDUSTRIAL Y MANTENIMIENTO.**
Calle 3era Poniente Norte # 159
Col. Fco. I. Madero. Sur C.P. 29090
Tuxtla Gutierrez Chiapas.
Tel. 01 (96) 12-72-95
01 (96) 11-03-66
AT'N SR. NESTOR RODRIGUEZ.

*** AGULAR WILDE ADOLFO**
12 Privada Norte s/n.
Col. Centro C.P. 30700
Tapachula Chis.
Tel. 01 (962) 6-91-71
AT'N SR. ADOLFO WILDE AGUILAR.

CHIHUAHUA

*** SALVADOR PEREZ HERRERA.**
CEDRO # 203
GRANJAS. C.P. 31160
Tel. 01 (14) 14-34-53 Fax 14-57-74
AT'N: SR. SALVADOR PEREZ HERRERA.

*** LUIS R. PEREZ BAYLON**
Calle 12 # 2813
Col. Pacifico C.P. 31030 Chihuahua
TEL. 01 (14) 15-93-17
AT'N: SR. LUIS PEREZ B.

*** CAEC S.A. DE C.V.**
Saucillo # 6204
Col. Nvo. Hipodromo Cd. Juarez Chih.
Tel 01 (16) 19-33-61
AT'N SR. JAIME VEGA RODRIGUEZ.

*** CENTRO DE SOLDADURA INDUSTRIAL.**
Leona Vicario # 306
Col. Santa Rosa. Chih. Chih.
Tel 01 (14) 10-44-91
AT'N ING. LUIS RIVERA A.

COLIMA.

*** SERVICIO GUCS.**
R-CHAVEZ CARRILLO # 118
Centro Colima
Tel. 01 (331) 4-91-66; 01 (331) 2-19-66
AT'N SR. NESMO RODRIGUEZ.

DURANGO, DGO.

*** MATERIAL Y REPRESENTACIONES.
LAGACERO S.A. DE C.V.**
Enrique Carrola Atuna # 706 Ote. Col. Cienega.
Durango Dgo. C.P. 34000
Tel.: 01 (18) 13-60-60; 01 (18) 13-12-00
Fax 01 (18) 13-26-62
AT'N SR. FEDERICO SAENZ G.

ESTADO DE MEXICO.

*** EQUIPOS Y SERVICIOS JM.**
Paseo Vicente Guerrero # 220
Toluca Edo. Mex. C.P. 50000
TEL. 01 (72) 13-21-69
AT'N SR. JOAQUIN MARTINEZ ARANDA.

*** EMBOBINADOS DE ELECTROMAGNETISMO
INDUSTRIAL.**
Calle de la Barranca # 158
Barrio de Tiacopa C.P. 50010
Toluca Edo. Mex.
TEL. 01 (72) 37-03-46
AT'N SR. EDGAR GARCIA.

*** HERRAMIENTAS Y SERVICIOS DE TOLUCA.**
Calle Guillermo Prieto # 206 B
Col. Sn. Juan Bautista. C.P. 50060
Toluca Edo. Mex.
Tel. 01 (72) 13-21-29
AT'N SR. FELIPE SALAZAR.

GUANAJUATO.

*** SOLDADURAS Y DISTRIBUCIONES FRANCO**
Blvd. Hidalgo 1301 Col. Alamos.
Salamanca Gto.
Tel. 01 (464) 7-03-93 y 7-54-00
AT'N: SR. GERARDO FRANCO.

*** SOLDADURAS Y DISTRIBUCIONES FRANCO**
Ave. 2 de Abril 230 Local 214
Col. Villa de los Reyes.
Celaya Gto.
Tel. 01 (461) 3-31-09
AT'N: SR. HEBERTO VERA.

*** R.E.S.M.A.S.**
Ave. Chicago # 501.
Col. Las Americas C.P. 37390
Leon Gto.
Tel. y Fax 01 (47) 15-57-24
AT'N SR. LUIS ALVARADO DIAZ.

HIDALGO.

*** HERRAMIENTA ELECTRICO PACHUCA.**
Ave Guanajuato # 214-B
Col. Venustiano Carranza C.P. 42030
Pachuca Hgo.
TEL. 01 (77) 11-08-19
AT'N ING. CARLOS RODRIGUEZ.

*** ARTURO JAIME SAUZA MTZ.**
Carretera Nal. Local 18
Centro
Tizayuca Hgo.
AT'N Sr. SAUZA.

JALISCO

*** TECNICOS RIMAG**
Calle Gate #. 29, Sector Reforma
Guadalajara Jal. C.P. 44100
Tel. 01 (36) 19-95-97 Fax: 01 (36) 19-40-73
AT'N: SR. ADALBERTO RIVAS Y SR. SALVADOR RIVAS.

JALISCO

*ARCOTECNIA

PROLONGACIÓN PRIMERO DE MAYO No.1897-1
Cd. GUZMAN, JALISCO C.P. 49000
TEL/FAX 01 (341) 3-23-68

* TECNICOS RIMAG

Calle Dr. R. Michel # 1709-B, Sector Reforma
Guadalajara Jal. C.P. 44100
Tel. 01 (36) 19-95-97 Fax: 01 (36) 19-40-73
AT'N: SR. ADALBERTO RIVAS Y SR. SALVADOR RIVAS.

MICHOACAN

* EMBOBINADOS SALAZAR

Calle Nicolas Bravo #527
Col. Centro C.P. 60950
Tel. 01 (75) 32-45-85
AT'N: SR. RODOLFO SALAZAR.

* PERFILES Y HERRAMIENTAS DE MORELIA

Ave. Fco. I. Madero Ote. 1409
Col. Isaac Arriaga C.P. 58210
Tel 01 (43) 12-60-52
AT'N SR. MIGUEL RUIZ.

* HERRAMIENTAS Y MOTORES DE MORELIA.

Calle Dr. Salvador Pineda #53 y
Dr. Miguel Silva C.P. 58020
Morelia, Mich.
Tel 01 (43) 13-55-69
AT'N SR. PASTOR SOSA.

* MENDOZA MARTINEZ MARIBEL

Calle Galeana # 72.
Col. La Magdalena C.P. 60080
Uruapan, Mich.
Tel. 01 (452) 3-00-56
AT'N: EDUARDO LEON.

MORELOS.

* INDELSA

Calle Arcelia # 4 Esq. Anahuac
Amplacion Porvenir
Jiutepec Mor.
Tel/ Fax 01 (73) 20-73-05/ 20-15-64
AT'N HUMBERTO GUTIERREZ.

* LOPEZ HERNANDEZ SARA LILIA

Eje Norte Sur # 436
CIVAC C.P. 62550
Jiutepec Mor.
Tel 01 (73) 20-01-20
AT'N SRITA. SARA L. LOPEZ H.

MONTERREY.

DISTRIBUIDORA ELECTRICA DELTA

Ave. Morones Prieto # 1356
Esmeralda C.P. 67140
Monterrey, N.L.
Tel. y Fax 01 (8) 3 54 88 20/ 36/ 20
AT'N: SR. CARLOS TOLENTINO AYALA.

SERVIMILLER

Guerrero #. 3000 Nte.
Col. Del Prado C.P. 64410
Monterrey, N.L.
Tel/Fax: . 01 (8) 3-74-21-66
AT'N: RAUL CERDA LOPEZ

AUTOGENA Y ELECTRICA DE MONTERREY

Ave. Madero # 1148 Pte.
Col Centro C.P. 64000
Monterrey, N.L.
TEL. 01 (8) 3-72-13-21
AT'N: EVA ALVAREZ DIAZ.

NAYARIT

* JUAN F. HERNANDEZ HERNANDEZ.

Calle Prisciliano Sanchez # 400 S
Col. San Antonio C.P. 63159
Tepic, Nayarit
Tel 01 (32) 13-25-85
AT'N JUAN F. HERNANDEZ.

OAXACA

* CHAVEZ RAMIREZ VICTORIA

Carretera Trans-Itsmica Km 1 # 2
Col. Jesus Rasgado C.P. 70630
Salina Cruz, Oaxaca.
Tel. 01 (971) 4-54-94
AT'N: ING. EDUARDO SERNA.

OAXACA

* AUTOGENA DEL SURESTE

Ave. 5 de Mayo # 1861
Col. 5 de Mayo C.P. 68360
Tuxtepec Oaxaca
Tely Fax. 01 (28) 75-35-11
AT'N: SR. AMALIO AMECA RODRIGUEZ.

* POWER MACHINES.

Simbolos Patrios # 900
Reforma Agraria
Oaxaca Oax.
Tel 01 (951) 6-66-56; 01 ((951) 6-98-47
AT'N SR. ALFREDO TORRES.

PUEBLA

* CORTINA ESCALANTE ERIKA MARIA

Ave. Independencia # 425-B
Col. Casa Blanca C.P. 72990
Puebla, Pue.
Tel 01 (22) 53-04-06; 01 (22) 53-04-08
Fax 01 (22) 53-03-48
AT'N ING. JAVIER CORTINA

* SERVICIOS Y SOLDADURAS DEL CENTRO

11 Nte # 1604-B
Col. Centro C.P. 72000
Puebla, Pue.
Tel.: 01 (22) 46-11-72
AT'N SR. DAVID ORTIZ CISNEROS.

QUERETARO.

* AUTOGENA DE QUERETARO

Calle Florida #. 41
Col La Florida C.P. 76150
Queretaro, Oro.
Tel. 01 (42) 16-60-90
Fax: 01 (42) 16-29-00
AT'N: SR. GUILLERMO LAZCANO.

SAN LUIS POTOSI.

* SERVICIOS Y DISTRIBUCIONES

Cale de Kukulcan # 105
Col Industrial Aviacion C.P. 78140
San Luis Potosi, S.L.P.
Tel/ Fax 01 (48) 13-65-24
AT'N: SR. MANUEL BRIÑO CRUZ.

* SERVITECNICA GRIMALDO

Ave. Industrias #. 3645
Zona Industrial, C.P. 78900
San Luis Potosi, S.L.P.
Tel. 01 (48) 24-50-23 Fax 01 (48) 24-55-49
AT'N: SR. JOSE ASENCIO G.

SINALOA

* OXI-ARC DEL PACIFICO.

Revolucion y Guadalajara
Col. Teresita C.P. 81249
Los Mochis Sin.
Tel/ Fax 01 (68) 18-58-88
AT'N: SR. REYNALDO ARCE OCHOA.

* TALLER ELECTRICO MIRAMONTES.

Blvd Emiliano Zapata # 1425
Col. Los Pinos C.P. 80128
Culiacan Sin.
Tel. 01 (67) 14-20-67 / 14-51-34
AT'N: SRITA. EVA EVANGELISTA SALAZAR.

* TALLER ERENA

Gral. Pesqueira No. 1008
Col. Obrera
Mazatlan, Sinaloa
C.P. 82180
Tel y Fax: 01 (69) 82-16-99
AT'N: PROF. CASIMIRO NAVA ROJAS

SONORA

* RUIZ MARTINEZ ARTURO.

Carretera Int. Km 1883
Col. Loma Linda C.P. 85420
Guaymas, Son.
Tel 01 (622) 1-03-32
AT'N: SR. ARTURO MARTINEZ RUIZ.

* FRANCISCO J. RAMONET BRAVO.

Periferico Sur # 91 B
Col. «Y» C.P. 83290
Hermosillo, Son.
Tel. 01 (62) 50-16-99
Fax. 01 (62) 15-35-07
AT'N: SR. FRANCISCO J. RAMONET.

SONORA

* GONZALEZ ESTRADA JORGE R.

Calle Tlaxcala # 331
Col. Sn Benito C.P. 83130
Hermosillo, Son.
Tel 01 (62) 18-63-07
AT'N: SR. JORGE ROMAN GONZALEZ ESTRADA.

* HERRAMIENTAS Y SERVICIOS OBREGON S.A. DE C.V.

Dr. Norman E. Bourlag # 2605
Municipio Libre C.P. 85080
Cd Obregon, Son.
Tel. 01 (64) 17-11-96
Fax. 01 (64) 17-07-84
AT'N: SR. MANUEL HERNANDEZ

TABASCO

* FERRETERIA SUPERICO S.A. DE C.V.

Ave. Ruiz Cortinez # 102
Col. Casa Blanca C.P. 96060
Villahermosa, Tab.
Tel 01 (93) 12-22-18/ 12-95-99
AT'N SR. PEDRO HERNANDEZ V.

TAMAULIPAS

* CEDILLO CASTILLO DANIEL

Republica del Salvador # 29
Col. Modelo C.P. 87360
Matamoros, Tams.
Tel.: 01 (88) 13-70-10
AT'N SR. DANIEL CEDILLO CASTILLO.

* SERVIMILLER ELECTRICA DE REYNOSA

Ave. Constitucion # 213
Col San Antonio C.P. 88710
Reynosa Tams.
Tel. 01 (89) 24-85-57
AT'N: ING. JOSE MANUEL. VAZQUEZ

* SOLDADURAS ORTA.

Calle Laredo # 102-A
Col. Guadalupe Maynero. C.P. 89070
Tampico, Tams.
Tel. 01 (12) 14-29-93 Fax 01 (12) 19-03-19
AT'N: ING. JOSE LUIS ORTA.

VERACRUZ

* MACRO SERVICIO VILLAFUERTE S.A. DE C.V.

Calle Juan Escutia # 1001
Col. La Palma Sola C.P. 96579
Coatzacoalcas, Ver.
Tel.: 01 (92) 14-51-71 Fax.: 01 (92) 15-90-03
AT'N SR. ANTONIO E. GORRA.

* MORALES CONTRERAS SANTIAGO.

Ave 1 # 1509 Calles 15 y 17
Col Centro C.P. 94500
Cordova, Ver.
Tel. 01 (271) 4 62-54
AT'N: SR. SANTIAGO MORALES CONTRERAS.

* AUTOGENA INDUST. DE MINATITLAN

Calle Justo Sierra Esq. Revolucion
Col. Ruiz Cortinez C.P. 96700
Minatitlan, Ver.
Tel. 01 (92) 23-68-32; 01 (92) 23-68-33.
AT'N: SR ENRIQUE RAMIREZ MARTINEZ.

* SERVICIO ELECTROMECHANICO INDUSTRIAL.

Calle J.B. lobos # 1341-B
Col. 21 de Abril C.P. 91720
Veracruz, Ver.
Tel. 01 (29) 38-60-81
AT'N: SR JORGE GARCIA FLORES S.

*SERVI WELD

CALLE 3 No.9-A
PEDRO IGNACIO MATA
VERACRUZ, VERACRUZ
TEL. 01(29) 35-45-99
AT'N: SR. JESÚS GALLEGOS HURTADO

YUCATAN

* SERVICIOS Y EQUIPOS DE SOLDADURA S.A. DE C.V.

Calle 43 # 445 POR 50 Y 52
Merida, Yuc. C.P. 96579
Tel.: 01 (99) 24-57-84
AT'N SR. GONZALO CASTILLO.



INFRA
SOLDADORAS INDUSTRIALES

EL PODER DE LA ALTA TECNOLOGIA

SOLDADORAS INDUSTRIALES INFRA, S.A. DE C.V.

Plásticos No. 17 Col. San Francisco Cuautlalpan C.P. 53560

Naucalpan de Juárez Edo. de México

Tels.: (01) 53 -58-58-57 53-58-87-74 53-58-44-00

Fax: (01) 55-76-23-58

XRF technology has taken a giant leap forward with the next generation of portable analyzers – the handheld Thermo Scientific NITON XL3p. Building on the success of the award-winning NITON XLp platform, the NITON XL3p Infiniton™ (^{241}Am radioisotope) based XRF analyzer continues to lead the market through excellence in innovation.

Thermo Scientific NITON® XL3p



History of Innovation

In 1999, we pioneered the use of lab-quality isotope-based handheld x-ray fluorescence (XRF) analyzers. Since then, the capabilities and performance of these instruments have improved dramatically, resulting in the groundbreaking Thermo Scientific NITON XL3p. Featuring the patented Infiniton source with a half-life of 432 years, the NITON XL3p is the result of a multi-year platform development initiative, improved source geometry, and the latest in advanced analog and digital electronics design. With a high-performance, thermoelectrically cooled detector, 80 MHz real-time digital signal processing, and dual state-of-the-art embedded processors for computation, data storage, communication, and other functions, the XL3p incorporates a host of new features directly benefiting the customer. From the integrated VIP™ tilting color touch-screen display to the customizable menus for ease of use, the ergonomic new XL3p Series analyzers are both the lightest weight and most ruggedly constructed handheld XRF analyzers worldwide.

Because of their durability and sources that never need replacement, XL3p Series instruments have the lowest ownership costs of any handheld XRF analyzer. NITON XL3p 800 Series analyzers are capable of the nondestructive analysis of virtually all metal alloys for scrap metal recycling, casting and fabrication, manufacturing, and positive material identification (PMI). Alloy grade ID and pass/fail analysis is common in 1 to 2 seconds, with accurate chemistry in as little as 3 to 5 seconds.

Simply Superior XRF Analysis

The XL3p's analytical power alone puts it in a field by itself. With its many standard features and available options, the XL3p stands far above the competition. Integrated USB and Bluetooth™ communications provide direct data transfer to the user's PC or networked storage device, eliminating cumbersome data syncing procedures required by PDA-based devices. A clip-on weld mask and folding test stand help users safely analyze difficult to measure samples, while the optional heat shield extends the hot-surface testing capability from 600 °F (315 °C) to 1000 °F (538 °C), protecting both the XL3p and the operator's hand from

NITON XL3p Series analyzers provide many distinct advantages:

- Very easy to use – even by non-technical personnel
- Lowest long-term cost of ownership of any handheld XRF analyzer
- Improved cycle time for high sample throughput



Analyze all forms and types of samples quickly and accurately



Take the lab with you, anywhere, anytime!

these elevated temperatures. Each of two standard lithium-ion battery packs provide the power to work up to 18 continuous hours in the field, and the holster provides safe storage and transport around the job site. Use the standard Thermo Scientific NITON Data Transfer (NDT©) software suite to customize the instrument, set user permissions, and print certificates of analysis and reports, or to remotely monitor and operate the instrument hands-free.

Whether you need an analyzer for metal alloy analysis, ore grade control, or environmental compliance testing, the Thermo Scientific NITON XL3p combines the analytical performance of lab-grade instrumentation using the only handheld XRF that never requires source replacement with the high-speed performance, ease of use, and cutting-edge technology that customers have come to expect from their NITON analyzers.

Thermo Scientific NITON XL3p analyzers are just one of our handheld NITON analyzer solutions that include analysis tools for metal alloy identification, lead-based paint testing, RCRA metals in soil, toy and consumer goods screening, RoHS and WEEE compliance screening and many other analysis needs.

©2008 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. Bluetooth is a trademark of Bluetooth SIG, Inc. All other trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific Inc. and its subsidiaries. Specifications, terms and pricing are subject to change. Not all products are available in all countries. Please consult your local sales representative for details.

Americas
Billerica, MA USA
+1 978 670 7460
niton@thermofisher.com

Europe
Munich, Germany
+49 89 3681 380
niton.eur@thermofisher.com

Asia
Central, Hong Kong
+852 2869 6669
niton.asia@thermofisher.com

www.thermo.com/niton

NITON XL3p Specifications

Weight	< 2.5 lbs (< 1.13 kgs)
Dimensions	9.60 x 9.05 x 3.75 in (244 x 230 x 95.5 mm)
Source	30 mCi sealed ²⁴¹ Am Infiniton radioisotope source
Detector	High-performance Si PIN diode
System Electronics	533 MHz ARM 11 CPU 300 MHz dedicated DSP 80 MHz ASICS DSP for signal processing 4096 channel MCA 32Mb internal system memory/ 128Mb internal user storage
Batteries	Two 4-cell lithium-ion battery packs
Display	Adjustable angle VIP color touch-screen display
Standard Analytical Range	>25 elements from Ti to U
Data Storage	Internal >10,000 readings with spectra
Data Transfer	USB, Bluetooth and RS-232 serial communication
Security	Password-protected user security
Mode (Varies by Application)	Empirical calibration and combined FP plus empirical calibration analysis Pass/Fail testing Signature Match analysis and SuperChem™ Analysis
Data Entry	Touch-screen keyboard User-programmable pick lists Optional wireless remote barcode reader
Standard Accessories	Locking shielded carrying case RFID reader/encoder Shielded belt holster Spare battery pack 110/220 VAC battery charger / AC adaptor PC connection cables (USB and RS-232) NDT PC software Safety lanyard Check samples/standards
Optional Accessories	Portable test stand, stationary test stand with tripod stand Extension pole Welding mask HotFoot™ hot surface adapter Soil testing guard
Licensing/Registration	Varies by region. Contact your local distributor.
Compliance	CE, RoHS

N3 P-201 01/2008

Thermo
SCIENTIFIC

Spun Ceramic Fiber Blanket



NUTEC Fibrattec* ceramic fiber blanket is composed of long, flexible, interwoven fibers manufactured by the "blown" and the "spun" process yielding a strong, lightweight yet durable blanket for applications in a temperature range from 538 °C (1000 °F) to 1480 °C (2700 °F).

NUTEC Fibrattec* Blanket has the heat resistance of a hard refractory with eliminate better insulation value and the following features:

Features

- > Low thermal conductivity.
- > Very low heat storage.
- > Very high tensile strength.
- > Thermal shock resistance.
- > Sound absorption.
- > Quick repairs. Should lining damage occur, furnace can be cooled quickly.

- > Contains no binder, no fumes or furnace atmosphere contamination.
- > Contains no asbestos.
- > No curing or dry out time, lining can be fired to operating temperature immediately.

Typical Applications

Refining and Petrochemical

- > Reformer and pyrolysis lining.
- > Tube seals, gaskets and expansion joints.
- > High temperature pipe, duct and turbine insulation.
- > Crude oil heater linings.

Steel Industry

- > Heat treating and annealing furnaces.
- > Furnace door linings and seals.
- > Soaking pit covers and seals.
- > Furnace hot face repairs.

- > Reheating furnace and ladle covers.

Ceramic Industry

- > Kiln car insulation and seals.
- > Continuous and batch kilns.

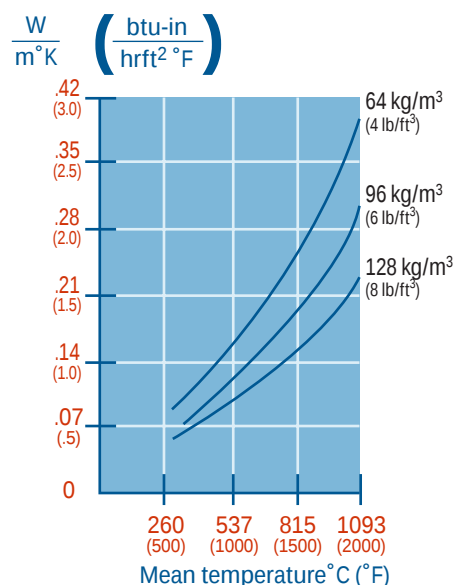
Power Generation

- > Boiler insulation.
- > Boiler doors.
- > Reusable turbine covers.
- > Expansion seals pipe covering.

Others

- > Insulation of commercial dryers and ovens.
- > Veneer over existing refractory.
- > Stress relieving insulation.
- > Glass furnace crown insulation.
- > Fire protection.

Typical Physical Properties	LTS	HPL	HPS	HTZ
Max. Use Limit °C (°F)	1000 (1833)	1260 (2300)	1315 (2400)	1425 (2600)
Continuous Use Limit °C (°F)	900 (1652)	1160 (2120)	1200 (2102)	1325 (2417)
Melting Point °C (°F)	1760 (3200)	1760 (3200)	1760 (3200)	1760 (3200)
Average Fiber Diameter Microns	3.0	3.0	3.0	3.0
Average Fiber Length mm (in)	203 (8)	203 (8)	203 (8)	203 (8)
Linear Shrinkage (%)				
24 Hrs @ 1000 °C (1832 °F)	2.0	2.0	-	-
24 Hrs @ 1100 °C (2012 °F)	-	-	1.8	-
24 Hrs @ 1300 °C (2372 °F)	-	-	-	2.0
Chemical Analysis (%)				
AL2O3	42-46	45-46	44-50	33-37
SiO2	50-60	51-52	50-56	47-51
ZrO2	-	-	-	13-19
Fe2O3	0.7-1.5	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2
TiO2	1.5-1.9	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2





Standard Specification for Castings, Chromium-Nickel Alloy¹

This standard is issued under the fixed designation A 560/A 560M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

1.1 This specification covers chromium-nickel alloy castings intended for heat-resisting and elevated-temperature corrosion applications, such as structural members, containers, supports, hangers, spacers, and the like, in corrosive environments up to 2000°F [1090°C].

1.2 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the test, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

A 781/A 781M Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use

3. General Conditions for Delivery

3.1 Material furnished to this specification shall conform to the requirements of Specification A 781/A 781M, including any supplementary requirements that are indicated in the purchase order. Failure to comply with the general requirements of Specification A 781/A 781M constitutes nonconformance with this specification. In case of conflict between the requirements of this specification and Specification A 781/A 781M, this specification shall prevail.

4. Ordering Information

4.1 The purchaser should specify the alloy grade desired and whether tension tests are required, and shall include standards of acceptance where necessary.

5. Materials and Manufacture

5.1 *Process*—The alloy for the castings shall be made by the electric-arc or induction-furnace process unless otherwise agreed upon between the manufacturer and the purchaser. Castings may be poured in sand, shell, investment, or centrifugal molds.

5.2 *Heat Treatment*—Castings may be shipped in the as-cast condition. If heat treatment is required, the treatment shall be established by mutual consent between the manufacturer and purchaser and shall be so specified in the inquiry, purchase order, or contract.

6. Chemical Composition

6.1 The castings shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

7. Tensile Properties

7.1 Tensile properties, if required, of the alloy used for the castings shall conform to the requirements prescribed in Table 2.

7.2 Tension tests, if required, shall be performed in accordance with Test Methods and Definitions A 370.

8. Test Specimens

8.1 Test specimens, if required, shall be prepared in accordance with Test Methods and Definitions A 370. Test bars shall be poured in special blocks from the same heat as the castings represented. Test bars, if required, shall be furnished in sufficient number to furnish specimens for the test required in Section 9.

8.2 The test coupons shall be cast from the same melt from which the castings they represent are poured, and shall represent the full melting practice. Chemical composition of the test coupons shall conform to the requirements prescribed in Table 1.

8.3 Tension test specimens shall be machined to the form and dimensions of the standard round 2-in. [50-mm] gage length specimen shown in Fig. 4 of Test Methods and Definitions A 370.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.18 on Castings.

Current edition approved May 1, 2005. Published May 2005. Originally approved in 1966. Last previous edition approved in 1998 as A 560 – 93(1998).

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

TABLE 1 Chemical Requirements^A

Element	Composition, %		
	Grade		
	50 Cr-50 Ni (R20500)	60 Cr-40 Ni (R20600)	50 Cr-50 Ni-Cb (R20501)
Carbon, max	0.10	0.10	0.10
Manganese, max	0.30	0.30	0.30
Silicon, max	1.00	1.00	0.50
Sulfur, max	0.02	0.02	0.02
Phosphorus, max	0.02	0.02	0.02
Nitrogen, max	0.30	0.30	0.16
Nitrogen + Carbon, max	...	...	0.20
Iron, max	1.00	1.00	1.00
Titanium, max	0.50	0.50	0.50
Aluminum, max	0.25	0.25	0.25
Columbium	...	...	1.4–1.7
Chromium	48.0–52.0	58.0–62.0	47.0–52.0
Nickel	balance	balance	balance

^A The total of the nickel, chromium, and columbium contents must exceed 97.5 %.

8.4 Impact test specimens shall conform to the length and cross section dimensions of the specimens shown in Fig. 10 of Test Methods and Definitions A 370. The impact specimens are to be broken unnotched.

9. Number of Tests and Retests

9.1 *Tension Test*—One tension test, if required, shall be made from each melt.

TABLE 2 Room Temperature Tensile and Charpy Requirements

	50 Cr-50 Ni	60 Cr-40 Ni	50 Cr-50 Ni-Cb
Tensile strength, min, ksi [MPa]	80 [550]	110 [760]	80 [550]
Yield point, min, ksi [MPa]	50 [340]	85 [590]	50 [345]
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	5.0	...	5.0
Impact, unnotched, Charpy, min, ft-lbf [J]	50 [78]	10 [14]	...

9.2 *Impact Test*—One unnotched Charpy impact test, if required, shall be made from each melt.

9.3 Retests:

9.3.1 Retest of a duplicate specimen will be allowed if the results of the mechanical tests for any lot do not conform to the requirements specified in Table 2.

9.3.2 If the percentage of elongation of any tension test specimen is less than specified in Table 2 and any part of the fracture is more than $\frac{3}{4}$ in. [19.0 mm] from the center of the gage length, as indicated by scribe scratches marked on the specimen before testing, a retest shall be allowed.

10. Keywords

10.1 chromium-nickel alloys; corrosion; high temperature applications; steel castings

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirements shall not apply unless specified in the purchase order. A list of standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser is included in Specification A 781/A 781M. Those which are ordinarily considered suitable for use with this specification are given below. Others enumerated in Specification A 781/A 781M may be used with this specification upon agreement between the manufacturer and the purchaser.

S2. Radiographic Examination

S8. Marking

S3. Liquid Penetrant Examination

SUMMARY OF CHANGES

Committee A01 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue, A 560/A 560M - 93(1998), that may impact the use of this standard. (Approved May 1, 2005.)

(1) Added UNS numbers for 50 Cr-50 Ni and 60 Cr-40 Ni in Table 1.

(2) Deleted UNS number for 50 Cr-50 Ni-Cb in Table 2.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).