

24

2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



BRONCES FOSFORADOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
MARIO BELLVER SANDOVAL
ROBERTO NEGRETE MONTEJO

DIR. INGENIERO VICENTE NACHER TODO

MEXICO, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

- CAPITULO I.- GENERALIDADES**
- I-A BREVE HISTORIA DEL COBRE**
 - I-B SELECCION Y APLICACION DEL COBRE Y SUS ALEACIONES**
 - I-C TRATAMIENTO TERMICO DEL COBRE Y SUS ALEACIONES**
 - I-D EL FOSFORO**
 - I-E EL ESTADNO**
 - I-F BRONCES FOSFORADOS**
- CAPITULO II.- PROCESOS DE OBTENCION**
- CAPITULO III.- PREALEACIONES BASICAS**
- III-A PREALEACION FOSFURO DE COBRE**
 - III-B PREALEACION $CuSn_{20}$**
- CAPITULO IV.- PRINCIPALES APLICACIONES**
- CAPITULO V.- INVESTIGACION DE NORMAS NACIONALES Y EXTRANJERAS**
- CAPITULO VI.- SITUACION DE LA PRODUCCION DE ESTAS ALEACIONES EN MEXICO (DATOS ESTADISTICOS)**
- CAPITULO VII.- CONCLUSIONES**
- CAPITULO VIII.- BIBLIOGRAFIA**

CAPITULO I

BREVE HISTORIA DEL COBRE

EL COBRE FUE EL PRIMER METAL EMPLEADO POR EL HOMBRE, INVESTIGACIONES REALIZADAS EN TORNO A LA EVOLUCION DE LA CULTURA HUMANA HAN COINCIDIDO EN ESTE SENTIDO.

DE AHI QUE LOS ANTHROPOLOGOS AL MARCAR LAS DIVERSAS EPOCAS HISTORICAS HAYAN LLAMADO A UNA DE LAS MAS ANTIGUAS "EDAD DE BRONCE" CRONOLOGICAMENTE ALGUNOS INVESTIGADORES HAN SITUADO EL INICIO DE ESTA ETAPA DEL DESENVOLVIMIENTO DE LA CULTURA HUMANA HACIA EL AÑO 1500 ANTES DE NUESTRA ERA, AUNQUE ALGUNOS OTROS LO HACEN EN UNA EPOCA MAS TARDIA.

PARACE QUE EL SITIO DE EUROPA EN DONDE SE LOCALIZABAN LAS MINAS DE COBRE MAS IMPORTANTES DE LA ANTIGUEDAD ERA CHIPRE DE DONDE SE DERIVA EL NOMBRE LATINO DEL METAL "CUPRUM".

APARENTEMENTE EL COBRE SE OBTENIA DE LAS MINAS QUE CONTENIAN COBRE NATIVO, ALGUNOS SIGLOS DESPUES DEBIO OBTENERSE POR MEDIO DE LA FUSION DE OXIDOS DEL MISMO METAL. EL PROCESO CONSISTIA EN MOLER EL MINERAL MEZCLARLO CON CARBON DE LEÑA Y FUNDIR ESTA MEZCLA EN HORNOS REVESTIDOS DE ARCILLA. SE SUPONE ASI MISMO QUE LA TEMPERATURA DE FUSION SE LOGRABA INSUFLANDO AIRE POR MEDIO DE FUELLES HECHOS DE PIELS DE ANIMALES DOMESTICOS.

ALGUNOS ESTUDIOS SUBIEREN QUE QUIZA EL PRIMER MINERAL CUPRIFERO QUE SE FUNDIO FUE LA MALAQUITA, UN CARBONATO DE COBRE HIDRATADO DE COLOR VERDE, Y QUE ESTO PUDO DEBERSE A UN DESCUBRIMIENTO PORUITO. HE AQUI COMO PIERRE - JULIEN LE THOMAS, IMAGINA QUE OCURRIO ESTE HECHO DE ENORME SIGNIFICACION.

"NOS HALLAMOS A ORILLAS DEL NILO, SEIS MIL AÑOS ATRAS, EN UNA MANSION SUNTUOSA, EN LA NOCHE, UNA JOVEN ESTA DANDO A SU ROSTRO LOS CUIDADOS QUE EXIGE LA IDEA QUE ELLA SE HA FORMADO DE SU BELLEZA.

PERO 'HAY' LA BARRITA DE PINTURA SE LE ESCAPA DE ENTRE LOS DEDOS Y VA A PARAR AL FUEGO. PASA LA NOCHE, POR LA MAÑANA ENTRE LAS CENIZAS, LA PRIMERA METALURGIA DE LA HISTORIA DESCUBRE UNA PEPITA ROJA; ACABA DE FABRICAR EL PRIMERO DE TODOS LOS LINGOTES DE COBRE " LA UNICA COSA VERDADERA DE ESTA MARAVILLOSA LEYENDA ES QUE EL USO DE LA MALAQUITA COMO PIGMENTO PARA LA COSMETICA SE REMONTA A LA MAYOR ANTIGUEDAD.

LAS EGIPCIAS PINTABAN DE VERDE SUS PARPADOS CON LA MALAQUITA ASI COMO TAMBIEN ALARGABAN SUS NEGROS OJOS CON POLVO DE ANTIMONIO. EL EFECTO ERA SORPRENDENTE COMO PODEMOS JUZGAR POR LA FAMOSA MASCARILLA DE LA REYNA NEFERTITI.

TAL PARECE, SEGUN AFIRMAN ALGUNOS AUTORES QUE EN EGIPTO HUBO UNA VERDADERA EDAD DE COBRE HACIA EL AÑO 2000 ANTES DE NUESTRA ERA; ES DECIR, UN PERIODO DURANTE EL CUAL SE UTILIZO COBRE CASI PURO. SIN EMBARGO, ES EVIDENTE QUE TAL PUREZA ERA MUY RELATIVA Y QUE EN ALGUN MOMENTO SE DETECTO QUE CIERTAS "IMPUREZAS" AFECTABAN EN FORMA SIGNIFICATIVA LA PROPIEDADES DEL COBRE.

EL ORIGEN DEL BRONCE SE IGNORA, PERO CIERTAMENTE PUDO SER DIFERENTE EN DISTINTOS LUGARES: AUNQUE LOS INVESTIGADORES COINCIDEN EN SEÑALAR QUE SE DESCUBRIO POR LA FUSION ACCIDENTAL DE MINERALES DE COBRE Y ESTAÑO. AL HACERLO SE ENCONTRO QUE EL METAL OBTENIDO SUPERABA, PARA LAS APLICACIONES HABITUALES, LAS CARACTERISTICAS DEL COBRE "PURO". UN CUIDADOSO ESTUDIO DE LAS MEZCLAS DIO COMO RESULTADO LA IDENTIFICACION DEL ESTAÑO Y DE LAS ADICIONES OPTIMAS.

CIRCUNSTANCIALMENTE SE HA DETECTADO QUE EXISTIERON MINAS EN QUE EL COBRE Y EL ESTAÑO SE ENCONTRABAN MEZCLADOS EN CIERTA ABUNDANCIA EN EL TURQUESTAN Y SIAM EN ASIA, Y, EL PAIS DE GALES Y ESPAÑA EN EUROPA.

LOS FENICIOS QUE SE DISTINGUIERON EN LA ANTIGUEDAD COMO GRANDES COMERCIANTEs, TRAFICABAN ACTIVAMENTE CON BRONCE Y SE SUPONE QUE ELLO GRACIAS A QUE CONOCIERON EL SECRETO DE LAS MINAS DEL PAIS DE GALES Y DE ESPAÑA.

UNA VEZ DOMINADA LA TECNICA DE FUSION, SE AVANZO A GRANDES PASOS EN EL MOLDEO. Y LLEBARON A REALIZARSE UNA GRAN VARIEDAD DE ARTICULOS ORNAMENTALES, ARMAS, ESTATUAS, ALGUNAS DE ELLAS DE PROPORCIONES COLOSALES. PARA LA ELABORACION DE ALGUNAS OBRAS, EL FUNDIDOR TRABAJO EN EQUIPO CON ESCULTORES Y ARQUITECTOS GENIALES. COMO AQUELLOS QUE IDEARON EL COLOSO DE RODAS, CONSIDERADA UNA DE LAS SIETE MARAVILLAS DEL MUNDO ANTIGUO, EL CUAL, SEGUN LA TRADICION TENIA UNA ALTURA DE 30 METROS.

EL LATON (ALEACION DE COBRE Y ZINC) COMENZO A EMPLEARSE, DE ACUERDO CON DATOS HISTORICOS, EN ROMA, EN TIEMPOS DEL EMPERADOR AUGUSTO, HACIA EL AÑO 20 ANTES DE NUESTRA ERA.

EL COBRE EN AMERICA:

EL COBRE Y SUS ALEACIONES FUERON CONOCIDAS POR LOS PUEBLOS NATIVOS DE ESTE CONTINENTE DESDE EPOCAS REMOTAS AUNQUE ES MUY POCO LO QUE SE SABE CON CERTEZA RESPECTO DE LOS METODOS DE OBTENCION DE LOS METALES Y DE LAS TECNICAS APLICADAS EN LA MANUFACTURA DE DIVERSOS OBJETOS METALICOS ENCONTRADOS POR LOS ANTHROPOLOGOS EN EL CURSO DE SUS INVESTIGACIONES.

ESTAS INVESTIGACIONES PARECEN COINCIDIR EN EL SENTIDO DE QUE LOS METALES ERAN CONOCIDOS DESDE ANTES DE LA EPOCA HISTORICA, EN LA AMERICA DEL SUR, EN VARIAS REGIONES COMPRENDIDAS ENTRE EL PERU Y COLOMBIA; Y DESDE ALLI SE FUERON PROPAGANDO LAS TECNICAS METALURGICAS HACIA EL NORTE, A TRAVES DE AMERICA CENTRAL. NO OBSTANTE QUE LOS ANTIGUOS MEXICANOS, EN ESPECIAL LOS PUEBLOS DE LA ZONA MIXTECA, FUERON HABILIS ORFEBRES, SOLO EXCEPCIONALMENTE EMPLEARON EL COBRE. PIEZAS FABRICADAS CON ESTE METAL SOLU SE ENCUENTRAN EN LAS REGIONES DE LOS TARASCOS Y DE LOS ZAPOTECAS, SOBRE EL LITORAL DEL PACIFICO; Y SOLO EXCEPCIONALMENTE ENTRE LOS AZTECAS Y LOS MAYAS. ESTA CIRCUNSTANCIA HA HECHO PENSAR QUE DEBIO EXISTIR UN TRAFICO DE METALES ENTRE ESAS REGIONES DEL MEXICO ANTIGUO Y LA COSTA NORTE DEL PERU. ESTA SUPOSICION SE DERIVA DEL HECHO DE QUE ENTRE AMBAS CULTURAS EXISTEN COINCIDENCIAS EN EL EMPLEO DEL ORO, LA PLATA, EL COBRE Y LAS ALEACIONES ORO COBRE ("TUMBAGA") Y COBRE-ESTALO (BRONCE) EN COSTA RICA Y EN COLOMBIA NO SE CONOCIAN NI LA PLATA, NI EL BRONCE, Y EN EL ALTIPLANO DEL PERU, SI BIEN SE USABAN AMBOS, NO SE CONOCIA LA TUMBAGA. ESTA ALEACION SERVIA TAMBIEN EN MEXICO PARA "AUMENTAR" EL ORO; CUANDO ERA RECALENTADA Y BARADA EN ACIDO OXALICO, ADQUIRIA UN BRILLO IGUAL AL ORO PURO Y ERA TOMADA COMO TAL POR LOS IGNORANTES.

UNA TERCERA ALEACION REALIZADA SOLO EN MEXICO, SE HACIA MEZCLANDO CIERTA CANTIDAD DE PLOMO EN LA FUNDICION DE CASCABELES DE COBRE, CUYO SONIDO SE QUERIA MODIFICAR DE ESTA MANERA.

EN RESUMEN NO FUE SI NO HACIA EL AÑO 1100 CUANDO SE INTRODUJO LA METALURIA AL MEXICO ANTIGUO; DANDOSELE AL COBRE EL NOMBRE DE "TEPUZTLI".

EN EL CURSO DE LOS AÑOS PREVIOS A LA LLEGADA DE LOS ESPAÑOLES LOS ARTESANOS MEXICANOS YA DOMINABAN EL SISTEMA DE MOLDEO CONOCIDO COMO "A LA CERA PERDIDA", CON LO CUAL PUDIERON ELABORAR UNA AMPLIA GAMA DE OBJETOS UTILES Y BELLOS.

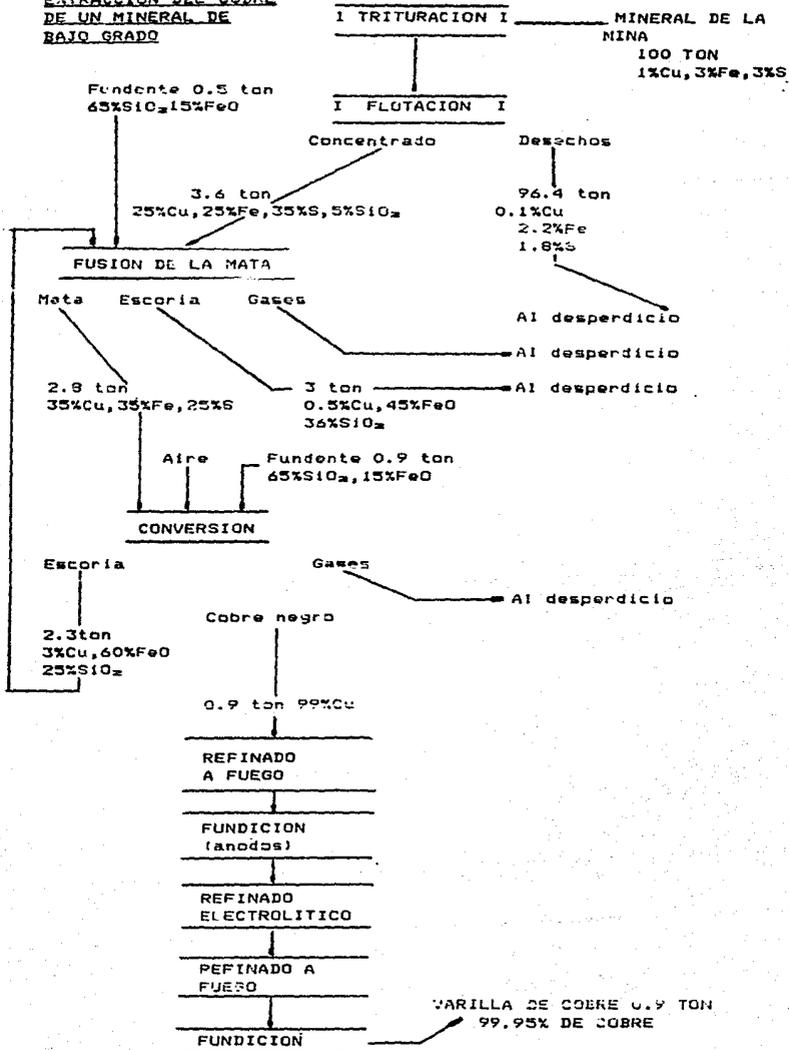
DURANTE LA EPOCA COLONIAL LA FUNDICION DE COBRE Y SUS ALEACIONES ESTUVO ORIENTADA FUNDAMENTALMENTE A LA MANUFACTURA DE OBJETOS ORNAMENTALES, ARMAS, HERRAJES PARA EMBARCACIONES MARITIMAS, ESTATICAS, CAMPANAS, ENTRE OTROS.

EN LA FABRICACION DE CAMPANAS SE EMPLEARON DIVERSAS ALEACIONES CON CONTENIDOS VARIABLES DE ORO Y PLATA PARA MEJORAR EL SONIDO. PARA EL MOLDEO SE EMPLEARON TECNICAS TALES COMO "A LA CERA PERDIDA" Y DE "TORRAJA".

AL CONSIDERAR ALGUNAS DE LAS PIEZAS, SORPRENDE NO SOLO LA BELLEZA DE LAS MISMAS SI NO TAMBIEN SU PESO; EL CUAL IMPLICO SEGURAMENTE UN DERROCHE DE HABILIDAD TECNICA, DADA LAS LIMITACIONES DE MEDIOS DE QUE DISPONIAN AQUELLOS ARTESANOS.

EN 1788 SE FUNDO LA ESCUELA DE MINERIA POR FAUSTO ELHUYAR EN MEXICO, LA CUAL CONTRIBUYO AL PROGRESO DE LA METALURGIA Y DE LA MINERIA EN AMERICA.

**EXTRACCION DEL COBRE
DE UN MINERAL DE
BAJO GRADO**



SELECCION Y APLICACION DEL COBRE Y SUS ALEACIONES

PARA DETERMINAR LOS USOS DEL COBRE Y DE SUS ALEACIONES, LAS PROPIEDADES QUE SE TOMAN MAS EN CUENTA SON; LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, LA CONDUCTIVIDAD TERMICA, LA RESISTENCIA A LA CORROSION, LA MAQUINABILIDAD, LAS CARACTERISTICAS DE FATIGA, LA MALEABILIDAD, LA FORMABILIDAD Y LA RESISTENCIA MECANICA.

ADENAS, EL COBRE TIENE UN COLOR AGRADABLE, ES NO MAGNETICO, Y ES MUY FACIL DARLE UN ACABADO MEDIANTE CHAPADO O LAGUEADO. EL COBRE TAMBIEN PUEDE SER SOLLADO CON CUALQUIER TIPO DE SOLDADURA. CUANDO SE DESEA MEJORAR ALGUNAS DE ESTAS PROPIEDADES BASICAS, ESPECIALMENTE LA RESISTENCIA MECANICA, Y CUANDO TAL MEJORAMIENTO PUDE SER REALIZADO SIN SACRIFICAR OTRAS PROPIEDADES, EXCEPTO AQUELLAS QUE SON DE POCA IMPORTANCIA EN LA APLICACION PROYECTADA, LAS ALEACIONES A MENUDO RESUELVEN EL PROBLEMA, Y COMO CONSECUENCIA SE HAN DESARROLLADO LOS MATERIALES COMERCIALES MAS USADOS, TALES COMO; LOS LATONES, LATONES CON PLOMO, LOS BRONCES, LOS CUPRO-NICKLES, Y LOS BRONCES ESPECIALES.

LAS COMPOSICIONES NOMINALES DE LAS PRICIPALES ALEACIONES SE ENLISTAN EN LA TABLA 1.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

EL CAMPO MAS GRANDE DE UTILIZACION PARA EL COBRE ES RESULTADO DE LA ALTA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL METAL.

LAS RAZONES DEL USO DEL COBRE PARA CONDUCTORES ELECTRICOS Y EN LA MANUFACTURA DE TODO TIPO DE EQUIPOS ELECTRICOS SON TAN CONOCIDAS QUE UNA DISCUSION DETALLADA ES INECESARIA. SIN EMBARGO, AUN EN LA INDUSTRIA ELECTRICA, LA ALTA CONDUCTIVIDAD POR SI SOLA NO LE DA AL COBRE UN GRAN VALOR ECONOMICO; ES PREFERIBLE LA COMBINACION DE ESTA PROPIEDAD CON UNA ALTA RESISTENCIA A LA CORROSION Y FACIL FORMABILIDAD. AUN CON UNA MUY ALTA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, UN MATERIAL QUE NO PUEDE SER ESTIRADO O FABRICADO CON FACILIDAD O QUE ESTA SUJETO A UNA RAPIDA CORROSION CUANDO ESTA EXPUESTO A CONDICIONES ATMOSFERICAS NORMALES SERA IMPRACTICO PARA LA INDUSTRIA ELECTRICA.

EL COBRE ELECTROLITICO ES EL MATERIAL PREFERIDO PARA ELEMENTOS QUE CONDUCEN CORRIENTE. SU CONDUCTIVIDAD ES DE 101% IACS (TABLA 2) CON UNA RESISTENCIA A LA TRACCION DE 2250.35 Kg/cm² CON UN TEMPLE SUAVE, Y CUANDO ESTA LAMINADO TIENE UNA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE 97% Y UNA RESISTENCIA A LA TRACCION ENTRE 3516.17 Y 3867.79 Kg/cm². LAS TEMPERATURAS POR ARRIBA DE LOS 204°C SUAVIZARAN AL COBRE ELECTROLITICO A UNA RESISTENCIA A LA TRACCION ENTRE 2109.7 Y 2461.32 Kg/cm².

LOS TRES COBRES ARGENTIFEROS RESISTEN SUAVIZACIONES HASTA UNOS 343°C, Y SON MENOS SUSCEPTIBLES A LA RUPTURA POR TRACCION EN PARTES SOMETIDAS A GRANDES ESFUERZOS, TALES COMO; ALABES DE TURBOGENERADORES Y CONMUTADORES DE ALTA VELOCIDAD.

LAS CARACTERIZTICAS DE SUAVIZACION SON IMPORTANTES EN APLICACIONES TALES COMO; CONMUTADORES QUE SON ENDURECIDOS O SOMETIDOS A

TRATAMIENTOS A ELEVADAS TEMPERATURAS PARA PONER UNA MICA ENTRE LAS BARRAS DE COBRE. EL COBRE NO SE DEBE SUAVIZAR POR ESTE TRATAMIENTO. SI SE EXPONE AL COBRE ELECTROLITICO A TEMPERATURAS POR ARRIBA DE LOS 370°C Y ADEMÁS NO SE REDUCEN LOS GASES, ESPECIALMENTE LOS GASES LUMINOSOS Y EL HIDROGENO, SEGURAMENTE EL COBRE SE HARÁ QUEBRADIZO. LO ANTERIOR NOS ESPECIFICA PORQUE EL COBRE LIBRE DE OXIGENO O EL COBRE DESOXIDADO SON DE UN ALTO COSTO.

LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TODOS LOS COBRES SON SIMILARES A TEMPERATURA AMBIENTE, SIN EMBARGO PEQUEÑAS DIFERENCIAS PUEDEN INFLUIR EN LA SELECCIÓN DE UN CONDUCTOR ESPECÍFICO.

EL COBRE DESOXIDADO SIN RESIDUOS OXIDANTES (COBRE LIBRE DE OXIGENO) TIENE UNA EXCELENTE DUCTILIDAD Y ES USADO PARA LOS ESTIRAMIENTOS Y TRABAJOS EN FRÍO MÁS SEVEROS.

CON UNA ALEACIÓN DE COBRE AL CROMO SE PUEDE OBTENER UNA COMBINACIÓN DE 4922 Kg/cm² DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON UNA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL 80% O MAYOR, LO CUAL VA MUY BIEN PARA PUNTAS DE ELECTRODOS DE SOLDADURA POR PUNTOS Y CARRETES PARA SOLDADURA CONTINUA.

EL COBRE AL BERILIO TRATADO TÉRMICAMENTE, PUEDE SER USADO CUANDO SE REQUIEREN UNA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MAYOR DE 13713 Kg/cm² Y UNA RESISTENCIA A LA FATIGA DE 2461 Kg/cm², Y EN DONDE ADEMÁS EL ALTO COSTO Y UNA PERDIDA DEL 17% EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA SON TOLERABLES, Y SI ADEMÁS EL EFECTO COMBINADO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LOS ELEMENTOS SE MANTIENE EN TEMPERATURAS POR DEBAJO DE LOS 371°C.

PARA RESORTES CONDUCTORES, CONTACTOS Y ELEMENTOS SIMILARES SOMETIDOS A ALTOS ESFUERZOS, LOS CUALES TENGAN QUE SER CONFORMADOS SE PUEDE USAR COBRE AL CROMO O COBRE AL BERILIO.

LAS PARTES QUE DEBEN DE TENER UNA GRAN MAQUINADO Y ELEVADA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA SE HACEN DE COBRE DE FACIL MAQUINADO. EL COBRE AL TELURIO ES MUY USADO YA QUE TIENE UNA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MINIMA DEL 90% Y UNA CAPACIDAD DE MAQUINABILIDAD DEL 80% AL 90% (EN LOS LATONES DE CORTE FACIL ES IGUAL AL 100%). EL COBRE AL PLOMO (1% Pb) O EL COBRE AL AZUFRE TAMBIEN ES USADO PORQUE TIENE UNA CAPACIDAD DE MAQUINABILIDAD DEL 80%, CON MUCHAS OTRAS PROPIEDADES SIMILARES A LAS DEL COBRE.

SI SE REQUIEREN RESISTENCIAS A LA TRACCION DE 4500 A 5344 Kg/cm² CON UNA MAQUINABILIDAD DEL 80%, SE PUEDE ESCOGER EL CUPRO-NICKEL AL TELURIO TRATADO TERMICAMENTE O ESTIRADO EN FRIO, SIEMPRE QUE SEA PERMISIBLE UNA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL 50%.

LOS ELEMENTOS PARA TELECOMUNICACIONES QUE TRANSPORTAN BAJAS CORRIENTES PERO QUE REQUIEREN BUENAS PROPIEDADES A LA FATIGA A CAUSA DE LOS CIENTOS DE MILES DE CONTACTOS QUE SON HECHOS E INTERRUMPIDOS, SE PUEDEN FABRICAR DE LATON PARA CARTUCHOS PARA DAR UN COMPROMISO SATISFACTORIO ENTRE LA RESISTENCIA MECANICA Y LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

SI LA CORROSION O UNA FATIGA SEVERA SON FACTORES QUE DEBEN SER CONSIDERADOS, LOS QUE NOS SERVIRAN SON LOS BRONCES FOSFORADOS Y LOS COBRES AL BERILIO, QUE SON LOS MAS COSTOSOS PERO LOS MAS FUERTES. EN DONDE SE ENCUENTRAN INVOLUCRADAS ALTAS TEMPERATURAS, LA RESISTENCIA A LA TRACCION PUEDE SER UN FACTOR IMPORTANTE EN LA SELECCION DE UN CONDUCTOR. EN ESTE TIPO DE APLICACION EL COBRE FOSFOROSO TIENE UNA GRAN SUPERIORIDAD SOBRE LAS DEMAS ALEACIONES.

CONDUCTIVIDAD TERMICA

CUANDO LA ALTA CONDUCTIVIDAD TERMICA ES DE GRAN IMPORTANCIA, GOBIERNAN LAS MISMAS CONSIDERACIONES QUE PARA LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA. SI LA CONDUCTIVIDAD TERMICA NO ESTA ACOMPAÑADA POR UNA ALTA RESISTENCIA A LA CORROSION, LA UTILIDAD DEL METAL SERIA POCA O NULA PARA MUCHAS APLICACIONES.

CUANDO SE LE ADICIONAN AL COBRE LOS ELEMENTOS ALEANTES, SE SACRIFICA DELIBERADAMENTE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA CON EL PROPOSITO DE MEJORAR OTRAS CARACTERIZTICAS, QUE SON MAS IMPORTANTES PARA LOS ARTICULOS EN LOS QUE LAS ALEACIONES SON USADAS.

UN RADIADOR DE AUTOMOVIL ES UN EJEMPLO TIPICO DE UNA ESTRUCTURA CUYO FUNCIONAMIENTO DEPENDE DE LOS VARIOS ATRIBUTOS DE LAS ALEACIONES DE COBRE (GENERALMENTE LOS RADIADORES ESTAN HECHOS DE LATON PARA CARTUCHOS AL 70%). EN UN RADIADOR SE USAN GALGAS MUY DELGADAS DE METAL, DE APROXIMADAMENTE 0.0127cm DE ESPESOR. OBTIAMENTE, LA RESISTENCIA A LA CORROSION DEBE SER LA SUFICIENTE PARA PREVENIR QUE EL AGUA U OTRO REFRIGERANTE PENETRE LAS DELGADAS SECCIONES DEL METAL DURANTE UN PERIODO DE VARIOS AÑOS DE SERVICIO. ADEMÁS, UNA CONDUCTIVIDAD TERMICA MODERADAMENTE ALTA ES DESEABLE PARA PODER DISIPAR EL CALOR, YA QUE EL ENFRIAMIENTO ES LA FUNCION PRIMARIA DEL RADIADOR.

OTROS REQUERIMIENTOS DEL METAL, DE GRAN IMPORTANCIA EN LA FABRICACION DE UN RADIADOR SON; ALTA DUCTILIDAD, FORMABILIDAD Y FACILIDAD DE UNION.

LOS CAMBIOS EN LA CONDUCTIVIDAD TERMICA INDUCIDOS POR LOS ALEANTES DEL COBRE SON DE LA MISMA MAGNITUD QUE AQUELLOS PARA LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA. (TABLA 2)

APLICACIONES IMPORTANTES DE INTERCAMBIO DE CALOR, ADEMÁS

RADIADORES PARA AUTOMOVILES Y CALENTADORES, SON LOS SERPENTINES DE CALEFACCION DE TODOS TIPOS, CONDENSADORES Y EVAPORADORES DE AIRE ACONDICIONADO, CAUTINES DE SOLDAR, SOPLETES DE SOLDAR Y ELECTRODOS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA.

LOS SERPENTINES SE HACEN DE TUBO EL CUAL, SI TIENE QUE SER DOBLADO, DEBE DE USARSE UN COBRE DESOXIDADO CON TEMPLE SUAVE O CON TRABAJO EN FRIJO LIGERO PARA INCREMENTAR EL TEMPLE Y TENER UN MEJOR MANEJO. LO MISMO SE APLICA PARA SERPENTINES DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION, PARA EVAPORADORES Y CONDENSADORES.

LOS SOPLETES DE SOLDAR SE PUEDEN FORJAR A PARTIR DE UNA BARRA, PREFERIBLEMENTE CON TEMPLE SUAVE.

PARA CAUTINES DE SOLDAR Y SOPLETES DE SOLDAR MARQUINADOS, LOS COBRES DE CORTE FACIL SON NOTABLEMENTE SUPERIORES.

EL AREA SUPERFICIAL Y LOS COEFICIENTES DE PELICULA FRECUENTEMENTE AFECTAN MAS AL FLUJO TOTAL DE CALOR QUE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA INHERENTE DEL ESPESOR DEL METAL. POR LO TANTO, LAS ALEACIONES PARA LOS TUBOS DE CONDENSADORES SE SELECCIONAN BASANDOSE PRINCIPALMENTE EN LA RESISTENCIA A LA CORROSION Y EL COSTO, RELACIONADOS A LA VIDA UTIL.

EL ALMIRANTAZGO INHIBIDO ES EL MAS COMUNMENTE USADO PARA TUBOS DE CONDENSADOR DEBIDO A SU ALTO COEFICIENTE DE TRANSERENCIA DE CALOR Y A SU BAJO COSTO.

OTROS MATERIALES PARA TUBOS DE CONDENSADOR SE SELECCIONAN CON UN SACRIFICIO EN ESTOS FACTORES DEBIDO A SU RESISTENCA A MEDIOS CORROSIVOS ESPECIFICOS. POR EJEMPLO, EL CUPRO-NICKEL AL 30% ES DE LAS ALEACIONES MAS COSTOSAS Y TIENEN UNO DE LOS COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR MAS BAJO, PERO PARA SERVICION EN AGUA SALADA A ALTA VELOCIDAD ES EL MAS ECONOMICO DEBIDO A SU LARGA VIDA UTIL.

RESISTENCIA MECANICA

LA RESISTENCIA MECANICA ESTA DETERMINADA PRINCIPALMENTE POR LA COMPOSICION Y POR EL TRABAJO EN FRIO, EXCEPTO PARA LAS ALEACIONES TRATADAS TERMICAMENTE.

LAS APLICACIONES SE PUEDEN DIVIDIR EN VARIAS CATEGORIAS SEGUN LA FORMA DEL PRODUCTO, LAS CUALES SE LISTAN EN LA TABLA 3. EL COBRE Y LAS ALEACIONES COBRE-ZINC CON ALUMINIO, ESTAÑO, SILICIO, HIERRO Y MANGANESO EN VARIAS COMBINACIONES SON MAS FUERTES QUE OTROS COBRE Y LATONES. PARA SECCIONES PESADAS DE PLACA, VAPILLA Y BARRA, INHERENTEMENTE LAS ALEACIONES FUERTES TALES COMO LOS BRONCES AL ALUMINIO O LO BRONCES AL SILICIO SON LOS QUE DEBEN USARSE. PARA SECCIONES LIBERAS QUE PUEDEN SER OBTENIDAS MEDIANTE TEMPLES FUERTES, OTRAS ALEACIONES SERAN LAS ADECUADAS.

LA RESISTENCIA A LA DEFORMACION PERMANENTE DE LAS ALEACIONES DE COBRE SE TOMA ARBITRARIAMENTE COMO UNA EXTENSION DE 0.5% BAJO CARGA, AUNQUE ESTE PUEDE NO SER EL VALOR MAS PERTINENTE EN DISEÑO. VALORES PARA LA RESISTENCIA A LA DEFORMACION PERMANENTE, DE 0.1% A 0.2 PUEDEN SER MAS UTILES.

CUANDO LOS ESFUERZOS RESIDUALES SON LO SUFICIENTEMENTE ALTOS PARA CAUSAR LA FRACTURA POR CORROSION CON ESFUERZO O EN DONDE LOS ESFUERZOS DE FORMADO SON MUY ELEVADOS EN RESORTES, DIAFRAGMAS Y OTROS MIEMBROS SOMETIDOS A ALTOS ESFUERZOS, ES CONVENIENTE UN RELEVADO DE ESFUERZOS A BAJAS TEMPERATURAS (DE 248°C A 537°C, DEPENDIENDO DE LA ALEACION).

EN LOS RESORTES, EL TIPO DE TEMPLE ESTA LIMITADO POR LA SEVERIDAD DE LAS OPERACIONES DE FORMADO.

EN LOS TANQUES DE PRESION, LOS LADOS SON LAMINADOS Y LOS CABEZALES SON FORMADOS EN FRIO O EN CALIENTE. LAS ALEACIONES DE LA TABLA 3 SE

ADAPTAN A TALES CONFORMADOS Y LA SELECCION GENERALMENTE DEPENDE DE LA SOLDABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA CORROSION. SIN EMBARGO EL LATON NAVAL NO PUEDE SER FORMADO EN FRIO TAN FACILMENTE COMO LAS OTRAS ALEACIONES.

EL BRONCE AL ALUMINIO-SILICIO ES UNA ALEACION DE FACIL MAQUINADO ADECUADA PARA APLICACIONES DE ALTA RESISTENCIA.

EL COBRE AL TELURIO NICKEL-FOSEFO TAMBIEN CUBRE LOS REQUERIMIENTOS, PERO ES MAS CARO Y DEBE SER TRATADO TERMICAMENTE. EL LATON NAVAL CON PLOMO Y EL LATON DE CORTE FACIL SON MENOS COSTOSOS, PERO TIENEN UNA RESISTENCIA MECANICA Y UNA REISISTENCIA A LA CORROSION MENORES. LA RESISTENCIA A LA FABIIGA ES UNA CONSIDERACION IMPORTANTE EN EL DISEÑO DE RESORTES, DIAFRAGMAS, FUELLES, TUBOS FLEXIBLES Y APLICACIONES SIMILARES.

LAS MEJORES ALEACIONES PARA ESTAS APLICACIONES, APROXIMADAMENTE EN ORDEN DESCENDENTE SON: EL COBRE AL BERILIO; EL BRONCE FOSFORADO D,C, Y A; EL NICKEL ARGENTIFERO B; Y EL BRONCE AL SILICIO A.

TEMPERATURAS TAN BAJAS COMO -184°C Y MENORES NO FRAGILIZAN A LAS ALEACIONES DE COBRE Y SI LES IMPARTEN UNA LIGERA GANANCIA EN RESISTENCIA Y TENACIDAD. PARA USOS A ALTAS TEMPERATURAS, EL CUPRO-NICKEL AL 30% Y EL BRONCE AL ALUMIMIO AL 10%, SON MEJORES DEBIDO A SU RESISTENCIA A LA CORROSION.

LA MAYORIA DE LAS ALEACIONES DE COBRE SE ABLANDAN ENTRE 204 Y 426°C , DEPENDIENDO DE LA CANTIDAD DE TRABAJO EN FRIO DADA DURANTE LA FABRICACION Y DE LA ALEACION INVOLUCRADA. EL CODIGO ASME DE CALDERAS Y TANQUES DE PRESION ES UNA DE LAS MEJORES REFERENCIAS PARA LIMITES DE ESFUERZOS Y TEMPERATURAS.

FORMABILIDAD

LOS LATONES SIMPLES (ALEACIONES COBRE-ZINC) ORIGINALMENTE FUERON DESARROLLADOS, EN PARTE, PORQUE ERAN MAS BARATOS QUE EL COBRE NO ALEADO. ADEMAS SU FORMABILIDAD EN FRIO SE INCREMENTA AL AGREGAR ALREDEDOR DE UN 30% DE ZINC, MAS ALLA DE ESE 30% LA FORMABILIDAD EN FRIO DECRECE DEBIDO A LA APARICION DE UNA FASE BETA RELATIVAMENTE FRAGIL.

LAS RESISTENCIAS ESTATICA, A LA FATIGA Y A LA TRACCION DE LOS LATONES SE INCREMENTAN CUANDO SE INCREMENTA EL PORCENTAJE DE ZINC, INCLUSO POR ARRIBA DEL PORCENTAJE DONDE LA FASE BETA APARECE. SE OBIENTEN MEJORES RESULTADOS EN LAS OPERACIONES DE FORMADO EN FRIO CON LAS ALEACIONES QUE NO CONTIENEN PLOMO INCLUYENDO EL COBRE ELECTROLITICO, EL ARGENTIFERO DESOXIDADO Y LOS COBRES LIBRES DE OXIGENO; TODOS LOS LATONES CON PLOMO CON MAS DEL 63% DE Cu ; TODOS LOS BRONCES FOSFORADOS; LOS BRONCES AL SILICIO A Y B; EL NICKEL ARGENTIFERO A; LOS CURPNICKELES; Y LAS ALEACIONES TRATABLES TERMICAMENTE MEDIANTE UN RECOCIDO.

LOS COBRES LIBRES DE OXIGENO Y LOS DESOXIDADOS SON LOS MEJORES PARA FORMADOS EN FRIO SEVEROS. DE LOS COBRES, EL DESOXIDADO ES EL QUE CASI SIEMPRE SE USA PARA PRODUCTOS TUBULARES.

EL LATON PARA CARTUCHOS SE USA MUCHO PARA REMACHES TUBULARES, TALES COMO AQUELLOS PARA LAS BALATAS DE LOS FRENOS.

EL LATON PARA CARTUCHOS, AL 70%, ES MAS POPULAR PARA OPERACIONES TALES COMO ESTIRADO EN FRIO, ALAMBRE PARA ENROLLAR Y FLEXIONAR, BARRA O TUBOS.

EL LATON ROJO AL 85%, EL BRONCE COMERCIAL AL 90% Y EL BRONCE DORADO AL 95%, NO SON TAN FUERTES, PERO CON UN TEMPLE LENTO, PERMITEN OPERACIONES SUCESIVAS SIN RECOCIDOS INTERMEDIOS.

EL ESTAMPADO PROFUNDO, LA ACU&ACION, EL REBORDEADO O TRABAJOS EN FRIO SIMILARES REQUIEREN DE MATERIALES RECOCIDOS, GENERALMENTE ESPECIFIADO POR EL TAMABO DE GRANO. EN LAS OPERACIONES DE ACU&ACION SE REQUIERE UN METAL DE GRAN TAMABO DE GRANO PARA UNA AGUDEZA MAXIMA DE IMPRESION. EL RECALCADO EN FRIO, ESPECIALMENTE DE TORNILLOS, REMACHES Y PERNOS, DEBE HACERSE DE UN MATERIAL CON UN ESTIRADO EN FRIO LIGERO PARA DESARROLLAR ALGUNA RESISTENCIA EN LAS PARTES SIN SOPORTE, PARA RESISTIR LA FLEXION.

EL LATON FORJADO, EL BRONCE ARGITENTONICO, Y EL BRONCE AL ALUMINIO-SILICIO NO SE ADAPTAN A LAS OPERACIONES DE TRABAJO EN FRIO. EL COBRE AL TELURIO, CON UN RECOCIDO, PUEDE TRABAJARSE EN FRIO Y SE USA, ESPECIALMENTE PARA CAUTINES DE SOLDAR.

LAS PROPIDEADES DE FLEXION DE LA CINTA LAMINADA EN FRIO VARIAN CON EL ESPESOR, LA DIRECCION DE LAMINADO Y EL TEMPLE. LA MAYORIA DE LAS ALEACIONES SIN PLOMO SE PUEDEN FLEXIONAR 90° EN CUALQUIER DIRECCION, CON UNA GALGA DE 0.0508 cm Y UN TEMPLE DE DUREZA MEDIA. EL COBRE LIBRE DE OXIGENO SE FLEXIONARA SEVERAMENTE CON UN TEMPLE DURO. ENTRE LOS TEMPLES DURO Y EXTRADURO, LOS RADIOS MINIMOS PARA FLEXIONES PARALELAS A LA DIRECCION DE LAMINADO SON DE 0.158 A 0.238CM; SI LAS FLEXIONES SON PERPENDICULARES A LA DIRECCION DE LAMINADO LOS RADIOS SE DEBEN INCREMENTAR A 0.635cm.

LA CINTA DE LATON CON PLOMO SE USA PARA LLAVES, RELOJES Y RELOJES DE PARED, PERO LAS ALEACIONES DE FACIL MAQUINADO NO TIENEN UNA BUENA FLEXIBILIDAD Y SE DEBEN DE EVITAR LAS FLEXIONES A MENOS QUE ESTAS NO SEAN SEVERAS.

EL CONFORMADO EN CALIENTE ES LO MAS CONVENIENTE PARA LAS ALEACIONES DE DOS FASES, AUNQUE ALGUNAS ALEACIONES DE UNA FASE SE PUEDEN TRABAJAR POR ESTE MEDIO.

LAS FORJAS Y EXTRUSIONES CON DADO SE HACEN DE LATONES CON PLOMO ALFA-BETA, TALES COMO EL LATON DE FORJA O EL BRONCE ARQUITECTONICO. EN EL CONFORMADO EN CALIENTE DE ALEACIONES CON PLOMO, EL METAL DEBE ESTAR COMPLETAMENTE APOYADO PARA EVITAR LA FRACTURA. EN LAS ALEACIONES COMUNMENTE USADAS PARA EL CONFORMADO EN CALIENTE ESTAN INCLUIDOS MUCHOS COBRES, LATONES CON MENOS DEL 63% DE Cu, EL LATON NAVAL, EL BRONCE AL MANGANESO, LOS LATONES CON PLOMO Y MENOS DEL 63% DE Cu, EL BRONCE AL ALUMINIO-SILICIO (7% AL, 2% SI), EL BRONCE AL SILICIO A Y EL CUPRO-NICKEL.

MAQUINABILIDAD

LA MAYORIA DE LAS PARTES HECHAS EN MAQUINAS AUTOMATICAS DE ALTA VELOCIDAD SE HACEN DE BARRA DE LATON DE FACIL MAQUINADO CON UN TEMPLE DE DUREZA MEDIA. LAS APLICACIONES INCLUYEN COMPONENTES PARA AUTOMOVILES, EQUIPO PARA REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO, ELEMENTOS DECORATIVOS, HARDWARE, PARTES PARA CAMARAS, VALVULAS, TORNILLOS Y OTROS CIENTOS DE APLICACIONES.

EL COBRE DE CORTE FACIL ES MUY USADO PARA PUNTAS DE CAUTINES Y SOPLETES Y UNIDADES ELECTRICAS VARIADAS. LA MAQUINABILIDAD REALTIVA DE LAS PRINCIPALES ALEACIONES DE COBRE SE LISTAN EN LA TABLA 4. EL PLOMO NO SE DISUELVE EN LAS ALEACIONES DE COBRE PERO SE DISPERSA FINAMENTE POR TODA LA MATRIZ DE LA ALEACION. CONSUCUENTEMENTE, ESTE PROVEE UN LUBRICANTE PARA LA HERRAMIENTA DE CORTE Y DA COMO RESULTADO UN DESGASTE RELATIVAMENTE MENOR DE LA HERRAMIENTA. EL PLOMO HACE QUE LA VIRUTA SE QUIEBRE Y SE quite FACILMENTE MEDIANTE LUBRICANTES.

LOS ACABADOS SUPERFICIALES SON BUENOS SI SE USAN LAS HERRAMIENTAS Y AVANCES ADECUADOS. LA CAPACIDAD DE MAQUINADO DE LOS COBRES DE CORTE FACIL FRECUENTEMENTE ES TAN ALTA COMO LA CAPACIDAD MAXIMA DE LA MAQUINA.

EL LATON DE CORTE FACIL, CON DUREZA MEDIA ES EL PREFERIDO PARA MAQUINADO RECTO. ESTE, TAMBIEN SE PUEDE MOLETEAR, ROSCAR POR LAMINADORA, ROTULAR Y DOBLAR, DENTRO DE LOS LIMITES DE MUCHOS TRABAJOS COMERCIALES.

LAS FORMAS EXTRUIDAS O FORJADAS EN COBRE ELECTROLITICO O DE CORTE FACIL, EN LATON FORJADO O BRONCE ARQUITECTONICO, PUEDEN OFRECER UN AHORRO SUBSTANCIAL EN EL COSTO MEDIANTE LA ELIMINACION DE OPERACIONES DE MAQUINADO.

LAS PARTES TUBULARES QUE VAN A SER MAQUINADAS Y FORMADAS EN FRIO SE PUEDEN HACER DE LATON CON PLOMO QUE CONTENGA 66% Cu, 33.5% DE Zn, Y 0.5% DE Pb, PERO SI SOLO VAN A SER MAQUINADAS EL CONTENIDO DE PLOMO DEBE SER 1.5%.

LA BARRA DE LATON DE CORTE FACIL CON DUREZA MEDIA NO ES ADECUADA PARA REMACHADOS, REPUJADO SEVERO MEDIANTE LAMINADO O MARTILLADO, RECALCADO EN FRIO EXTREMOSO, ROSCADO DE ALTA PRECISION, MOLETEADO, O CUALQUIER TRABAJO EN FRIO SIMILAR.

RECOCER LAS PARTES PEQUEÑAS DESPUES DEL MAQUINADO PUEDE SER LA MEJOR SOLUCION PARA FACILITAR LAS OPERACIONES DE REPUJADO O REMACHADO, SI EL DISEÑO LO PERMITE. SI POR CUALQUIER RAZON LAS PARTES NO PUEDEN SER RECOCIDAS, LAS ALEACIONES CON BAJO PLOMO SON LAS MEJORES PARA COMBINAR MAQUINADO CON TRABAJO EN FRIO.

UNION

LA ELECCION DEL METODO DE UNION DEPENDE DE LA ALEACION, LA FORMA Y EL USO AL QUE SE VA A SOMETER A LA PIEZA. LA SOLDADURA DE ARCO ES LA MAS POPULAR Y, EN UNA FORMA U OTRA, ES MUY USADA PARA LA FABRICACION DE TANQUES DE PRESION, TUBERIAS, INTERCAMBIADORES DE CALOR Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

- SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS INERTE:

SE UTILIZA PARA EL COBRE, LAS ALEACIONES COBRE-SILICIO, LOS CUPRONICHELES Y LOS BRONCES FOSFORADOS PERO LA SOLDADURA MUESTRA ALGUNA POROSIDAD Y NO SE PUEDEN OBTENER LAS PROPIEDADES MECANICAS DESEADAS.

- SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO CONSUMIBLE Y GAS INERTE:

SE UTILIZA PARA LAS MISMAS ALEACIONES QUE LA SOLDADURA ANTERIOR, PERO ES MAS EFICIENTE PARA SOLDAR SECCIONES PESADAS Y CUANDO SE VAN A HACER CORDONES MUY LARGOS.

- SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO:
SE UTILIZA PARA LOS CUPRONICHELES.

- SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO DE CARBONO:

ES MAS ECONOMICO QUE OTROS PROCESOS DE ARCO. SE EMPLEA PARA PRODUCIR UNIONES DE CALIDAD MODERADA EN EL COBRE, ALEACIONES COBRE-SILICIO, BRONCES FOSFORADOS Y BRONCES AL ALUMINIO.

- **SOLDADURA OXIACETILENICA CON MATERIAL DE APORTE:**
SE UTILIZA PARA LOS LATONES ROJOS, LATONES AMARILLOS Y BRONCES COMERCIALES, EL MATERIAL DE APORTE DEBE SER ALEACION DE COBRE AL SILICIO.
ESTA SOLDADURA TAMBIEN SE APLICA CON EXITO AL COBRE FOSFOROSO, PERO NO A LOS DEMAS COBRES.

- **SOLDADURA POR RESISTENCIA, DE PUNTOS O DE CORDON CONTINUO:**
SE USA PARA TODAS LAS ALEACIONES DE BAJA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

- **SOLDADURA FUERTE:**
SE USA PARA TODOS LOS METALES DE BASE COBRE.

TABLA 1. COMPOSICIONES NOMINALES DE MATERIALES DE COBRE FORJADO

ALEACION	COBRES	COMPOSICION
COBRE TENAZ ELECTROLITICO		99.9Cu-0.040
COBRE FOSFOROSO DESOXIDADO (ALTO FOSFORO RESIDUAL)		99.9Cu-0.02P
COBRE FOSFOROSO DESOXIDADO (BAJO FOSFORO RESIDUAL)		99.9Cu-0.005P
COBRE DE LOS LAGOS		Cu-8oz/ TON Ag
COBRE ARGENTIFERO (10-15)		Cu-10-15oz/ TON Ag
COBRE ARGENTIFERO (25-30)		Cu-25-30oz/ TON Ag
COBRE DESOXIGENADO (SIN RESIDUOS DE DESOXIDANTE)		99.92 Cu(MIN)
COBRE AL PLOMO		99Cu-1Pb
COBRE AL TELURIO		99.5Cu-0.5Te
COBRE AL SELENIO		99.4Cu-0.6Se
COBRE AL CROMO		Cu+Cr Y Ag O Zn
COBRE AL CADMIO		99Cu-1Cd
COBRE AL NICKEL-TELURIO		98.4Cu-1.1Ni-0.5Te
COBRE AL BERILIO		Cu-2Be-0.25Co O 0.35Ni

LATONES PLANOS

DORADO, 95%	95Cu-5Zn
BRONCE COMERCIAL, 90%	90Cu-10Zn
LATON ROJO, 85%	85Cu-15Zn
LATON PARA CARTUCHOS, 70%	70Cu-30Zn
LATON AMARILLO, 65%	65Cu-35Zn
METAL MUNTZ	60Cu-40Zn

CONTINUACION TABLA 1.

ALEACION

LATONES DE CORTE FACIL

COMPOSICION

BRONCE COMERCIAL CON PLOMO (BARRA)	89Cu-9.25Zn-1.75Pb
LATON CON PLOMO (LINGOTE) (B121-3)	65Cu-34Zn-1Pb
LATON CON PLOMO (LINGOTE) (B121-5)	65Cu-33Zn-2Pb
LATON CON PLOMO (TUBO) (B135-3)	66Cu-33.5Zn-0.5Pb
LATON CON PLOMO (TUBO) (B135-4)	66Cu-32.4Zn-1.6Pb
LATON AL PLOMO MEDIO	64.5Cu-34.5Zn-1Pb
LATON AL ALTO PLOMO	62.5Cu-35.75Zn-1.75Pb
LATON DE CORTE FACIL	61.5Cu-35.5Zn-3Pb
LATON PARA FORJA	60Cu-38Zn-2Pb
BRONCE ARQUITECTONICO	57Cu-40Zn-3Pb

LATONES VARIOS

ALMIRANTAZGO INHIBIDO	71Cu-20Zn-1Sn
LATON NAVAL	60Cu-39.25Zn-0.75Sn
LATON NAVAL CON PLOMO	60Cu-37.5Zn-1.75Pb- 0.75Sn
LATON AL ALUMINIO	76Cu-22Zn-2Al
LATON AL MANGANESO	70Cu-28.7Zn-1.3Mn
BRONCE AL MANGANESO A	58.5Cu-39Zn-1.4Fe-1Sn- 0.1Mn
BRONCE AL MANGANESO B	65.5Cu-23.3Zn-4.5Al- 3.7Mn-3Fe

BRONCES FOSFORADOS

GRADO A	95Cu-5Sn
GRADO C	92Cu-8Sn
GRADO E	98.75Cu-1.25Sn

CONTINUACION TABLA 1.

ALEACION	BRONCES VARIOS	COMPOSICION
BRONCE AL SILICIO A		Cu-3Si-1Mn
BRONCE AL SILICIO B		Cu-1.75Si-0.3Mn
BRONCE AL ALUMINIO, 5%		95Cu-5Al
BRONCE AL ALUMINIO, 7%		91Cu-7Al-2Fe
BRONCE AL ALUMINIO, 10%		Cu-9.5Al
BRONCE AL ALUMINIO-SILICIO		91Cu-7Al-2Si
ALEACIONES QUE CONTIENEN NICKEL		
CUPRONICKEL, 10%		88.5Cu-10Ni-1.5Fe
CUPRONICKEL, 30%		69.5Cu-30Ni-0.5Fe
NICKEL ARGENTIFERO A		45Cu-17Zn-18Ni
NICKEL ARGENTIFERO B		55Cu-27Zn-18Ni
NICKEL ARGENTIFERO CON PLOMO		62Cu-19Zn-18Ni-1Pb

TABLA 2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LOS MATERIALES DE COBRE.

ALEACION	COBRES	% IACS
ELECTROLITICO		101
ARGENTIFERO, 8 oz		101
ARGENTIFERO, 10 A 15 oz		101
ARGENTIFERO, 25 A 30 oz		101
DESOXIGENADO		101
FOSFOROSO DESOXIDADO (BAJO FOSFORO RESIDUAL)		97 A 100
DE CORTE FACIL		90 A 98
COBRES AL CROMO		80 A 90
FOSFOROSO DESOXIDADO (ALTO FOSFORO RESIDUAL)		80 A 90
COBRE AL CADMIO(1%)		80 A 90
COBRE AL NICKEL-TELURIO		50

ALEACIONES DE COBRE

LATONES	----I	
	I	
LATON NAVAL	I	
	----->	25 A 50
ALMIRANTAZGO	I	
	I	
BRONCE FOSFORADO E	----I	
BRONCE FOSFORADO A, C, D	----I	
	I	
BRONCE AL ALUMINIO, 5%	I	
	----->	10 A 20
BRONCE AL SILICIO B	I	
	I	
COBRE AL BERILIO	----I	
CUPRONICKEL, 30%	----I	
	I	
NICKEL ARGENTIFERO	I	
	----->	5 A 15
BRONCE AL ALUMINIO(MAS DE 5% Al)	I	
	I	
BRONCE AL SILICIO A	--I	

TODOS LOS VALORES SON PARA LA CONDICION DE RECOCIDO. LAS ALEACIONES TRABAJADAS EN FRIO SON CUANDO MUCHO 5 PUNTOS MENORES.

**TABLA 3. RESISTENCIA A LA TRACCION DE LAS ALEACIONES DE COBRE EN
VARIAS FORMAS**

ALEACION	CINTA Y ALAMBRE PARA RESORTES	RESISTENCIA A LA TRACCION, Kg/cm ²
COBRE AL BERILIO		12987 A 15093
BRONCE FOSFORADO D		8073 A 9056
BRONCE FOSFORADO C		7371 A 8354
NICKEL ARGENTIFERO B		7582 A 8424
BRONCE AL SILICIO A		7371 A 7933
BRONCE FOSFORADO A		6368 A 7371
LATON PARA CARTUCHOS, 70%		6388 A 7020
PRODUCTOS PLANOS, 0.1 cm DE ESPESOR, TEMPLE DURO		
COBRE ELECTROLITICO		3510
COBRE LIBRE DE OXIGENO		3510
DORADO, 95%		3931
BRONCE COMERCIAL, 90%		4282
BRONCE PARA JOYERIA, 87.5%		4633
LATON ROJO, 85%		4914
LATON BAJO, 80%		5195
LATON PARA CARTUCHOS, 70%		5335
LATON AMARILLO, 65%		5195
LATON DE BAJO PLOMO		5195
LATON AL PLOMO MEDIO		5195
LATON AL ALTO PLOMO		5195
LATON AL PLOMO SUPER ALTO		5195

CONTINUACION TABLA 3.
ALEACION

RESISTENCIA A LA
TRACCION, Kg/cm²

BRONCE FOSFORADO A	5686
BRONCE FOSFORADO C	6529
BRONCE FOSFORADO D	7020
BRONCE FOSFORADO E	4563
NICKEL ARGENTIFERO (65-18)	5967
NICKEL ARGENTIFERO (55-18)	7020
NICKEL ARGENTIFERO (65-15)	5967
NICKEL ARGENTIFERO (65-12)	5967
NICKEL ARGENTIFERO (65-10)	6037
BRONCE AL ALTO SILICIO A	6599

PLACA PARA TANQUES DE PRESION Y CONTENEDORES SIMILARES

BRONCE AL ALUMINIO, 7%Al	4914 A 5967
BRONCE AL SILICIO A	6510 A 4703
CUPRONICKEL, 30%	3510 MIN
LATON NAVAL	3510
COBRE	2106 A 2668

ALEACIONES PARA VARILLAS Y BARRAS

COBRE AL BERILIO (TRATADO TERMICAMENTE)	12285 A 15093
BRONCE AL MANGANESO B	8073 MIN
BRONCE FOSFORADO D	4914 A 11232
BRONCE FOSFORADO C	4212 A 10530
BRONCE FOSFORADO A	3861 A 8985
BRONCE AL ALUMINIO	5967 A 7020
BRONCE AL SILICIO A	5957 MIN
BRONCE AL SILICIO B	5265 A 5967

CONTINUACION TABLA 3.
ALEACION

RESISTENCIA A LA
TRACCION, kg/cm²

COBRE AL CROMO
(TRATADO TERMICAMENTE)

4914 A 5616

BRONCE AL MANGANESO A

4774 A 5616

LATON NAVAL

3791 A 4703

LATON DE CORTE FACIL
(DUREZA MEDIA)

3159 A 4001

EXCEPTO EN DONDE SE ANOTA, TODOS LOS VALORES SON PARA TEMPLE DURO Y MUESTRAN EL INTERVALO ESPERADO PARA VARIOS TAMAÑOS.

TUBOS, ESTIRADOS EN FRIO, 2.51 CM DE DIAMETRO EXTERIOR POR

0.1651 cm DE PARED

COBRE ELECTROLITICO

3861

COBRE DESOXIGENADO
(ALTO FOSFORO RESIDUAL)

3861

COBRE LIBRE DE OXIGENO

3861

BRONCE COMERCIAL, 90%

4212

LATON ROJO, 85%

4914

LATON PARA CARTUCHOS, 70%

5476

METAL MUNTZ

5195

LATON AL BAJO PLOMO

5265

LATON AL ALTO PLOMO

5265

BRONCE AL ALTO SILICIO A

6529

BRONCE AL BAJO SILICIO B

4563

PERFILES EXTRUIDOS

COBRE ELECTROLITICO

2246

COBRE LIBRE DE OXIGENO

2246

LATON DE CORTE FACIL

3410

LATON PARA FORJAR

3650

BRONCE ARQUITECTONICO

4212

TABLA 4. MAQUINABILIDAD DE LAS PRINCIPALES ALEACIONES DE COBRE.

ALEACION	CAPACIDAD DE MAQUINABILIDAD
LATON DE CORTE FACIL (BARRA)	100
COBRE DE CORTE FACIL (BARRA)	90
LATON AL ALTO PLOMO	90
BRONCE ARQUITECTONICO	90
COBRE AL PLOMO	80
LATON PARA FORJA	80
COBRE AL NICKEL-TELURIO	80
BRONCE COMERCIAL CON PLOMO	80
LATON AL PLOMO MEDIO	70
LATON NAVAL CON PLOMO	70
BRONCE AL ALUMINIO SILICIO	60
LATON AL BAJO PLOMO	60
COBRE -----I	
	I
LATONES SIMPLES -----I	
	I
	I
BRONCES FOSFORADOS ----->	
	30 Y MENOS
	I
LATON NAVAL -----I	
	I
BRONCE AL SILICIO -----I	
	I

CORROSION

EL COBRE Y SUS ALEACIONES HAN SIDO USADOS POR MUCHOS AÑOS BAJO DISTINTAS CONDICIONES CORROSIVAS, DEBIDO A QUE SE FORMA UNA PELICULA MICROMETRICA COMO PRODUCTO DE LA CORROSION, ESTA PELICULA SE ADHIERE A LA SUPERFICIE DEL METAL CON LO CUAL SE DETIENE O SE RETARDA LA CORROSION DEPENDIENDO DEL AGENTE CORROSIVO.

EL COBRE ES ALTAMENTE RESISTENTE A LOS EFECTOS DE LA ATMOSFERA, A LOS EFECTOS DEL AGUA DULCE Y SALADA, A LAS SOLUCIONES ALCALINAS (EXCEPTO AQUELLAS QUE CONTIENEN AMONIACO) Y A MUCHOS PRODUCTOS QUIMICOS ORGANICOS.

SU COMPORTAMIENTO CON LOS ACIDOS DEPENDE PRINCIPALMENTE DE LA SEVERIDAD DE LAS CONDICIONES DE OXIDACION. MUCHAS SOLUCIONES SALOBRES SON MANEJADAS CON EXITO. POR OTRO LADO, EL AZUFRE Y SUS COMPUESTOS SE COMBINAN CON EL COBRE PARA PRODUCIR SULFURO DE COBRE COMO PRODUCTO DE LA CORROSION. SIN EMBARGO, CUANDO EL CONTENIDO DE ZINC DE LA ALEACION SE INCREMENTA POR ARRIBA DEL 15%, LA RESISTENCIA A LA CORROSION DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE SE INCREMENTA MARCADAMENTE.

LAS ALEACIONES DE COBRE COMERCIALES VARIAN MUCHO EN SU COMPOSICION, Y ES POR ESTO QUE HAY UNA VARIACION CONSIDERABLE EN SU RESISTENCIA A LA CORROSION. MUCHOS DE LOS ELEMENTOS ALEANTES MEJORAN LA RESISTENCIA A LA CORROSION DEL METAL BASE Y TAMBIEN INCREMENTAN SUS PROPIEDADES MECANICAS.

EL USO EXTENSIVO PRUEBA LA CONVENIENCIA Y SUPERIORIDAD DEL COBRE Y SUS ALEACIONES PARA MUCHAS APLICACIONES. ASI, TENEMOS LA SIGUIENTE CLASIFICACION EN CUANTO A SU APLICACION:

- 1.- EXPUESTOS A LA ATMOSFERA
- 2.- APLICACIONES EN AGUA DULCE

3.- APLICACIONES EN AGUA SALADA

4.- INTERCAMBIADORES DE CALOR Y CONDENSADORES

5.- EQUIPOS PARA PLANTAS INDUSTRIALES Y QUIMICAS

EN LA SELECCION DE LOS MATERIALES ADECUADOS A UNA APLICACION SE TOMAN EN CUENTA MUCHOS FACTORES EN LOS QUE LA CORROSION TIENE INFLUENCIA.

EXPOSICION A LA ATMOSFERA

EXTENSIVAS PRUEBAS CONDUCTIDAS DURANTE 20 AÑOS BAJO LA SUPERVISION DE LA SOCIEDAD AMERICANA PARA PROBAR MATERIALES (ASTM), HAN CONFIRMADO LA CONVENIENCIA DEL COBRE Y SUS ALEACIONES PARA EXPOSICIONES A LA ATMOSFERA. LAS ALEACIONES NOS DAN UNA EXCELENTE RESISTENCIA A LA CORROSION DE ATMOSFERAS INDUSTRIALES, MARINAS Y RURALES.

LOS MATERIALES A BASE DE COBRE MAS USADOS PARA RESISTIR LA CORROSION ATMOSFERICA SON EL COBRE, EL BRONCE COMERCIAL, EL LATON ROJO, EL METAL MUNTZ, EL BRONCE ARQUITECTONICO Y LOS NIQUELES ARGENTIFEROS. EL COBRE ES EL MATERIAL MAS SATISFACTORIO PARA TECHADOS, SELLADO, CANALETAS Y TUBOS DE BAJADA.

A MENUDO, EL COLOR DE LAS DIFERENTES ALEACIONES ES IMPORTANTE EN EL TRABAJO ARQUITECTONICO Y PUEDE SER EL PRINCIPAL CRITERIO DE SELECCION DE UNA ALEACION ESPECIFICA, YA QUE TODAS ELLAS RESISTEN LA CORROSION ATMOSFERICA. DESPUES DEL ESMERILADO Y EL PULIDO, LAS DIFERENTES ALEACIONES VARIAN EN EL COLOR DESDE EL DORADO HASTA EL ROJIZO Y EL AMARILLO. ADEMÁS, LAS ALEACIONES PUEDEN MOSTRAR OTRAS DIFERENCIAS DE COLOR BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE DESSASTE. ASI, LA MISMA ALEACION O LAS MAS PARECIDAS SON LAS QUE GENERALMENTE SE USAN EN UNA ESTRUCTURA ESPECIFICA PARA TENER UNA APARIENCIA CONSISTENTE.

EXPOSICION AL AGUA DULCE

EL COBRE SE USA EXTENSIVAMENTE PARA EL MANEJO DE AGUA DULCE. LOS COSTOS DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO SON MENORES CUANDO SE UTILIZAN LOS MEDIOS DE UNION PARA EL COBRE QUE SI SE UTILIZARA EL ACERO EN FORMA SIMILAR.

EL TUBO DE COBRE EN LA BALGA K CON ACCESORIOS ABOCINADOS FUE DISEÑADO PARA EL SERVICIO SUBTERRANEO DE AGUA Y HA LLEGADO A SER EL MATERIAL ESTANDAR PARA ESTA APLICACION. REPORTES DE FALLA EN ESTE SERVICIO SON RARAS.

LA MAYOR APLICACION DEL TUBO DE COBRE ES EN LAS LINEAS DE DISTRIBUCION DE AGUA CALIENTE O FRIA, AUNQUE TAMBIEN SE USA EN CANTIDADES CONSIDERABLES PARA LINEAS DE CALEFACCION Y TUBOS DE DRENAJE.

LOS MATERIALES MAS USADOS PARA AGUA DULCE EN DISTINTAS CONDICIONES DE CORROSION SON:

EL COBRE, LAS ALEACIONES COBRE-ZINC, LAS ALEACIONES COBRE-NICKEL, LAS ALEACIONES COBRE-SILICIO, Y LAS ALEACIONES COBRE-ALUMINIO.

EXPOSICION AL VAPOR

EL COBRE Y SUS ALEACIONES SON RESISTENTES AL ATAQUE DEL VAPOR PURO, PERO SI ESTA PRESENTE MUCHO DIOXIDO DE CARBONO, OXIGENO O AMONIACO, EL CONDENSADO ES CORROSIVO. EL VAPOR HUMEDO A ALTAS VELOCIDADES CAUSA UN SEVERO ATAQUE POR CHOQUE. SIN EMBARGO, LAS ALEACIONES DE COBRE SE UTILIZAN EXTENSIVAMENTE EN LA CONSTRUCCION DE CONDENSADORES E INTERCAMBIDORES DE CALOR.

LAS ALEACIONES DE COBRE TAMBIEN SE USAN PARA CALENTADORES DE AGUA DE ALIMENTACION, AUNQUE SU USO PARA ESTA APLICACION ESTA LIMITADO DEBIDO AL DECREMENTO EN LA RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS.

LOS CUPRONICKELES SON LOS PREFERIDOS PARA ALTAS TEMPERATURAS Y ALTAS PRESIONES.

EL USO DEL COBRE EN SISTEMAS QUE MANEJAN AGUA CALIENTE Y VAPOR ESTA LIMITADO POR LAS PRESIONES INTERNAS DE TRABAJO DEL TUBO Y LAS UNIONES.

USO EN AGUA SALADA

UN USO IMPORTANTE DE LAS ALEACIONES DE COBRE ES EL MANEJO DE AGUA DE MAR EN LOS BARCOS Y EN LAS ESTACIONES DE ENERGIA A LA ORILLA DEL MAR.

EL COBRE AUNQUE ES BASTANTE UTIL, GENERALMENTE ES MENOS RESISTENTE QUE LAS ALEACIONES ALMIRANTAZGO, EL LATON AL ALUMINIO, O LOS CUPRONICKELES QUE TIENEN 10% O 30% DE NI. EL GRAN SERVICIO DE ESTAS ALEACIONES, EN PARTE, ES RESULTADO DE SU INSOLUBILIDAD EN EL AGUA DE MAR, PERO MAS DEBIDO A SU HABILIDAD PARA FORMAR PELICULAS DE PRODUCTOS DE LA CORROSION QUE SON RESISTENTES A LA EROSION DE FLUJOS TURBULENTOS DE AGUA DE MAR QUE TRANSPORTAN AIRE ATRAPADO MECANICAMENTE.

LOS LIMITES DE VELOCIDAD DEL COBRE Y DE ALGUNAS ALEACIONES EN AGUA DE MAR LIMPIA ESTAN TABULADOS ENSEGUIDA:

ALEACION	LIMITE DE VELOCIDAD
COBRE	REGULAR A 91.44 cm/s
ALMIRANTAZGO	BUENO A 182.88 cm/s
LATON AL ALUMINIO	EXCELENTE A 274.32 cm/s
BRONCE AL SILICIO	REGULAR A 91.44 cm/s
CUPRONICKEL AL 10% NI	EXCELENTE A 457.2 cm/s
CUPRONICKEL AL 30% NI	EXCELENTE A 457.2 cm/s

LOS CUPRONICHELES SON SUPERIORES AL COBRE Y A LAS OTRAS ALEACIONES PARA RESISTIR LA EROSION DEL AGUA SALADA A ALTA VELOCIDAD. LA ADICION DE HIERRO A ESTAS ALEACIONES MEJORA SIGNIFICATIVAMENTE LA RESISTENCIA A LA EROSION. POR ESTA RAZON, LAS COMPOSICIONES ESTANDAR DE LOS CUPRONICHELES (10% Y 30% NI) LLEVAN HIERRO. CON LA EXCEPCION DE LAS ALEACIONES QUE ESTAN SUJETAS A LA DESZINCACION, HAY UNA PEQUEÑA DIFERENCIA EN LA RESISTENCIA A LA CORROSION ENTRE LAS DIVERSAS ALEACIONES.

SIN EMBARGO, ALGUNAS VECES CIERTAS ALEACIONES SE PREFIEREN SOBRE OTRAS. LOS TUBOS DE CONDENSADOR DE LATON AL ALUMINIO TIENEN BUENA RESISTENCIA A LA CORROSION DE AGUAS DE PUERTO CONTAMINADAS, PORQUE ESTA ALEACION ES RESISTENTE AL ATAQUE DEL AZUFRE.

SIN EMBARGO, EN ALGUNAS CIRCUNSTANCIAS DONDE EL OXIGENO ES BAJO, EL BRONCE AL ALUMINIO AL 5% O LOS CUPRONICHELES DAN UNA RESISTENCIA A LA CORROSION SUPERIOR.

INTERCAMBIADORES DE CALOR Y CONDENSADORES.

LA SELECCION DEL MATERIAL PARA TUBOS DE CONDENSADOR E INTERCAMBIADORES DE CALOR REQUIERE DE UN ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO, EXAMINAR EL TUBO PREVIAMENTE USADO Y SU VIDA UTIL, Y UNA REVISION DEL TIPO, FORMA Y UBICACION DE LA CORROSION EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES. EL AGUA Y LAS CONDICIONES DE OPERACION VARIAN MUCHO Y CUALQUIER ESTIMACION DEL PROBABLE RENDIMIENTO DE UN TUBO DEBE ESTAR BASADA EN FACTORES DE OPERACION.

LOS MATERIALES MAS USADOS EN CONDENSADORES E INTERCAMBIADORES DE CALOR SON; EL METAL MUNTZ, EL ALMIRANTAZGO, EL LATON AL ALUMINIO Y EL CUPRONICKEL AL 30%.

TRATAMIENTO TERMICO DEL COBRE Y SUS ALEACIONES

LOS TRATAMIENTOS TERMICOS APLICADOS AL COBRE Y SUS ALEACIONES SON: LA HOMGENIZACION, EL RECOCIDO, EL RELEVADO DE ESFUERZOS Y EL TEMPLE POR PRECIPITACION.

HOMOGENIZACION

LA HOMOGENIZACION ES UNA PROCESO DE BENEFICIO QUE EMPLEA ALTAS TEMPERATURAS DURANTE UN PERIODO PROLONGADO PARA ELIMINAR O DISMINUIR LA SEGREGACION EN LAS PIEZAS FUNDIDAS QUE SERAN TRABAJADAS EN FRIJO O EN CALIENTE.

LAS NUCLEACIONES ENCONTRADAS EN LAS PIEZAS FUNDIDAS DE BRONCES SIMPLES, CON PLOMO O ESPECIALES SE ELIMINAN, LA MAYORIA DE LAS VECES POR PROCESOS ORDINARIOS DE RECOCIDO. LA DIFUSION Y HOMOGENIZACION SON MAS LENTAS Y DIFICILES EN LOS BRONCES FOSFORADOS, LOS BRONCES AL SILICIO Y LOS CUPRONICKELES QUE EN LA MAYORIA DE LAS DEMAS ALEACIONES DE COBRE. ASI ESTAS ALEACIONES GENERALMENTE SE SUJETAN A PROLONGADOS TRATAMIENTOS DE HOMOGENIZACION.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL ALTO ESTALO (ARRIBA DEL 8% DE Sn) SON NOTABLES POR SU SEGREGACION Y NUCLEACION EXTREMAS. AUNQUE ESTAS ALEACIONES SE TRABAJAN EN CALIENTE ALGUNAS VECES, LA PRACTICA USUAL ES LAMINARLAS EN FRIJO, ESTO HACE NECESARIO DIFUNDIR LA FASE DE ESTALO SEGREGADA, LA CUAL ES QUEBRADIZA, Y ASI INCREMENTAR LA RESISTENCIA Y LA DUCTILIDAD Y DISMINUIR LA DUREZA ANTES DEL LAMINADO. ESTOS OBJETIVOS SE LLEVAN A CABO MEDIANTE LA HOMOGENIZACION ALREDEDOR DE 80°C POR ARRIBA DE LA MAXIMA TEMPERATURA DE RECOCIDO.

EL TIEMPO DE HOMOGENIZACION DEPENDE DE LA CONFIGURACION DE LA PIEZA Y DE LAS FACILIDADES PARA LA HOMOGENIZACION.

RECOCIDO

EL RECOCIDO DE UN METAL FORJADO SE REALIZA MEDIANTE EL CALENTAMIENTO DEL METAL A UNA TEMPERATURA QUE PROVOCA LA RECRISTALIZACION, Y, SI ES NECESARIO, SE CALIENTA MAS ALLA DE LA TEMPERATURA DE RECRISTALIZACION PARA PROVOCAR EL CRECIMIENTO DE GRANO. LAS TEMPERATURAS, COMUNMENTE USADAS PARA RECOGER AL COBRE Y SUS ALEACIONES TRABAJADAS EN FRIO SE DAN EN LA TABLA 5. EL RECOCIDO ES PRIMERAMENTE UNA FUNCION DE LA TEMPERATURA DEL METAL Y DEL TIEMPO MANTENIDO A ESA TEMPERATURA. EXCEPTO PARA LAS ALEACIONES ALFA-BETA Y CIERTAS ALEACIONES ENDURECIBLES POR PRECIPITACION, LOS INTERVALOS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO SON RELATIVAMENTE INSIGNIFICANTES.

LOS MEDIOS DE APLICACION DEL CALOR, EL DISEÑO DEL HORNO, LA ATMOSFERA DEL HORNO Y LA FORMA DE LA PIEZA DE TRABAJO SON IMPORTANTES, PORQUE AFECTAN LA UNIFORMIDAD DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS, DEL ACABADO Y DEL COSTO DE RECOCIDO.

DEBIDO A LA MULTIPLICIDAD DE VARIABLES QUE TIENEN INFLUENCIA SOBRE EL RECOCIDO, ES DIFICIL TABULAR UNA LISTA DEFINITIVA PARA TIEMPOS Y TEMPERATURAS QUE DIERAN COMO RESULTADO UN TAMAÑO DE GRANO ESPECIFICO DE UN METAL RECRISTALIZADO COMPLETAMENTE DESPUES DEL RECOCIDO. UNA GRAN CANTIDAD DE TRABAJO EN FRIO ANTES DEL RECOCIDO DISMINUYE LA TEMPERATURA DE RECRISTALIZACION. TAN PEQUEÑO COMO SEA EL GRADO DE PREDEFORMACION, MAYOR SERA EL TAMAÑO DE GRANO DESPUES DEL RECOCIDO. EN LA PRACTICA COMERCIAL DE LAMINACION, LAS ALEACIONES DE COBRE GENERALMENTE SE RECOGEN A BAJAS TEMPERATURAS SUCESIVAS MIENTRAS EL MATERIAL SE APROXIMA AL RECOCIDO FINAL, CON REDUCCIONES EN FRIO INTERMEDIAS DE POR LO MENOS UN 35% Y TAN ALTAS COMO 50 O 60% CUANDO SON FACTIBLES. LAS ALTAS TEMPERATURAS INICIALMENTE USADAS ACELERAN

LA HOMOGENIZACION, Y LOS GRANOS GRANDES RESULTANTES PERMITEN REDUCCIONES MAS ECONOMICAS DURANTE LAS PRIMERAS OPERACIONES DE TRABAJO.

DURANTE LOS RECOCIDOS SUBSECUENTES, EL TAMAÑO DE GRANO SE DEBE DISMINUIR GRADUALMENTE PARA APROXIMARLO AL TAMAÑO DE GRANO FINAL QUE SE REQUIERE. ESTE PUNTO SE ALCANZA GENERALMENTE UNO O DOS RECOCIDOS ANTES DEL RECOCIDO FINAL.

CON UNA SECUENCIA TAL Y CON LAS REDUCCIONES INTERMEDIAS LO SUFICIENTEMENTE SEVERAS ES POSIBLE PRODUCIR UN TAMAÑO DE GRANO FINAL UNIFORME DENTRO DE UN LOTE Y DE LOTE A LOTE.

EL TAMAÑO DE GRANO Y LAS PROPIEDADES MECANICAS OBTENIDAS POR UN TRABAJO EN FRIO POSTERIOR AL RECOCIDO, VARIAN CONSIDERABLEMENTE CON LA ALEACION, LA CANTIDAD Y TIPO DE TRABAJO EN FRIO. EL OBJETO DEL RECOCIDO PARA EL TRABAJO EN FRIO ES OBTENER LA MAXIMA COMBINACION DE RESISTENCIA Y DUCTILIDAD, Y PARA MANTENER LA TEXTURA DE LA SUPERFICIE LO SUFICIENTEMENTE REFINADA EN LAS OPERACIONES FINALES DE FORMADO Y EVITAR LA NECESIDAD DE UN PULIDO EXCESIVO. EL RECOCIDO DEBE SER REGULADO POR ESPECIFICACIONES PRECISAS Y COORDINADO CON LAS OPERACIONES DE TRABAJO EN FRIO, PARA DAR LAS PROPIEDADES DESEADAS CUANDO TERMINA EL PROCESO.

PRECAUCIONES GENERALES: PARA OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS CUANDO SE RECOCEN EL COBRE Y SUS ALEACIONES, SE DEBEN OBSERVAR LAS SIGUIENTES PRECAUCIONES.

- MUESTREO Y PRUEBA: LOS ESPECIMENES PARA PRUEBA DEBEN REPRESENTAR LAS CONDICIONES EXTREMAS DE LA CARGA DEL HORNO. LA MEJOR Y MAS FIEL PRUEBA PARA CONOCER EL EFECTO DEL RECOCIDO ES EL TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO. EL

TAMAÑO DE GRANO ES GENERALMENTE LA BASE PARA ACEPTAR O RECHAZAR UN MATERIAL. ESTA DETERMINACION REQUIERE DE EQUIPO ESPECIAL NO SIEMPRE DISPONIBLE EN LAS PLANTAS DE LOS CONSUMIDORES O FABRICANTES. PARA CONVENIENCIA DE LA PRUEBA, SE USAN MEDIDORES DE DUREZA ROCKWELL PARA APROXIMAR EL TAMAÑO DE GRANO. LAS ESPECIFICACIONES ASTM CORRELACIONAN LA DUREZA ROCKWELL CON LOS VALORES DE TAMAÑO DE GRANO PARA MUCHAS ALEACIONES DE COBRE.

- EFECTO DEL TIEMPO: EN LA MAYORIA DE LOS HORNOS HAY UNA APRECIABLE DIFERENCIA ENTRE LA TEMPERATURA DEL METAL Y LA DEL HORNO; CONSECUENTEMENTE, EL TIEMPO EN EL HORNO TIENE UN EFECTO IMPORTANTE EN LA TEMPERATURA FINAL DEL METAL.
- OXIDACION: DEBE MANTENERSE EN UN MINIMO, PARA REDUCIR LAS PERDIDAS DEL METAL, LOS COSTOS DE DESOXIDAR Y MEJORAR EL ACABADO. ALGUNAS VECES SE USAN ATMOSFERAS ESPECIALMENTE PREPARADAS PARA PRODUCIR UN MATERIAL RECOCIDO BRILLANTE Y LIMPIO. EL CONTROL DE LA ATMOSFERA DEL HORNO GENERALMENTE RESULTA EN UNA MEJOR ECONOMIA DEL HORNO.
- EFECTO DE LOS LUBRICANTES: LOS LUBRICANTES EN UN METAL QUE VA A SER RECOCIDO PUEDEN CAUSAR MANCHAS QUE SON DIFICILES DE REMOVER. SIN TOMAR EN CUENTA EL TIPO DE HORNO O EL OBJETO A SER RECOCIDO. ES CONVENIENTE ELIMINAR LOS LUBRICANTES LO MAS POSIBLE ANTES DE CALENTAR EL METAL.
- FRAGILIZACION POR HIDROGENO: CUANDO EL COBRE QUE

CONTIENE OXIGENO SE RECOCE, EL HIDROGENO DE LA ATMOSFERA DEBE QUEDAR ATRAPADO EN UN MINIMO, PARA REDUCIR LA FRAGILIZACION CAUSADA POR LA COMBINACION DEL HIDROGENO EN LA ATMOSFERA CON EL OXIGENO DEL COBRE; QUE FORMAN VAPOR DE AGUA COMPRIMIDO, Y QUE DA COMO RESULTADO PEQUEÑAS RUPTURAS EN EL METAL. PARA TEMPERATURAS MENORES A 470°C EL HIDROGENO PREFERIBLEMENTE NO DEBE EXCEDER EL 1%, Y SI LA TEMPERATURA ES MAYOR EL CONTENIDO DE HIDROGENO DE LA ATMOSFERA DEBE APROXIMARSE A CERO.

- IMPUREZAS: OCASIONALMENTE, ES DIFICIL OBTENER EL CRECIMIENTO DE GRANO APROPIADO CUANDO SE ESTA RECOCIENDO BAJO CONDICIONES NORMALES QUE ANTERIORMENTE HAN DADO EL TAMAÑO DE GRANO DESEADO. ESTA DIFICULTAD PUEDEN SER RASTROS DE IMPUREZAS EN LA ALEACION.

- RECOGER PARA OBTENER LAS PROPIEDADES A LA TRACCION DESEADAS: NO ES PRACTICO RECOGER PARA OBTENER PROPIEDADES DEFINIDAS DE RESISTENCIA A LA TRACCION O DUREZA, ENTRE EL TRABAJO EN FRIJO NORMAL Y LA RECRISTALIZACION TOTAL, DEBIDO A LA EXTREMADA RAPIDEZ DE CAMBIO DE LAS PROPIEDADES CON SOLAMENTE UN PEQUEÑO CAMBIO EN LA TEMPERATURA NO SON LO SUFICIENTEMENTE EXACTOS COMO PARA OBTENER CUALQUIER RESISTENCIA A LA TRACCION O PROPIEDAD FISICA DESEADA. LA MEJOR PRACTICA ES RECOGER COMPLETAMENTE Y ENTONCES OBTENER LAS PROPIEDADES DESEADAS MEDIANTE EL CONTROL DEL TRABAJO EN FRIJO.

- CARGA; GENERALMENTE ES INCONVENIENTE RECOCER UNA VARIEDAD DE METAL DE DIFERENTES TAMAÑOS Y CLASES EN LA MISMA CARGA; DEBIDO A LA DIFERENCIA DE INTERVALOS DE CALENTAMIENTO Y A LAS RESULTANTES TEMPERATURAS FINALES DEL METAL.

- FRACTURA POR EXPLOSION; ES UN TIPO DE FRACTURA QUE OCURRE CUANDO ALGUNAS ALEACIONES QUE CONTIENEN ESFUERZOS RESIDUALES SE CALIENTAN MUY RAPIDO. LAS ALEACIONES CON PLOMO SON PARTICULARMENTE SUSCEPTIBLES A LA FRACTURA POR EXPLOSION. EL REMEDIO ES CALENTAR LENTAMENTE HASTA QUE LOS ESFUERZOS SEAN RELEVADOS. DEFORMACIONES EN FRIO ESPECIALES TALES COMO EL "MUELLEO", AYUDAN CONSIDERABLEMENTE EN LA PREVENCION DE LA FRACTURA POR EXPLOSION.

- CHOQUE TERMICO: LOS MATERIALES QUEBRADIZOS EN CALIENTE DEBEN SER CALENTADOS LENTAMENTE, PARA EVITAR EL CHOQUE TERMICO.

- MANCHAS DE AZUFRE: EL EXCESO DE AZUFRE EN EL COMBUSTIBLE O EN EL LUBRICANTE CAUSARAN DECOLORACION DEL METAL; MANCHAS ROJAS APARECEN EN LOS LATONES AMARILLOS Y MANCHAS MARRON-ROJIZO APARECEN EN LAS ALEACIONES RICAS EN COBRE.

RELEVADO DE ESFUERZOS

ALGUNAS ALEACIONES DE COBRE QUE SON SOMETIDAS A ESFUERZOS DURANTE UNA DEFORMACION PLASTICA NO UNIFORME POR DEBAJO DE LA TEMPERATURA DE RECRISTALIZACION FALLAN DEBIDO A FRACTURAS POR CORROSION CON ESFUERZO. LOS ESFUERZOS RESIDUALES CONTRIBUYEN A ESTE TIPO DE FALLA, LA CUAL ES PREDOMINANTE EN LOS LATONES QUE CONTIENEN 20% DE ZN O MAS. AUN LAS ALEACIONES CON ALTO COBRE, TALES COMO LOS BRONCES AL ALUMINIO Y AL SILICIO, FALLARAN BAJO CONDICIONES CRITICAS DE ESFUERZO Y CORROSION, Y TODAS LAS ALEACIONES DE COBRE SON SUSCEPTIBLES A UN ATAQUE DE LA CORROSION MAS RAPIDO CUANDO ESTAN SOMETIDAS A ESFUERZOS.

LOS BRONCES FOSFORADOS Y LOS CUPRONICHELES COMPARATIVAMENTE TIENEN UNA LIBERA TENDENCIA HACIA LA FRACTURA POR CORROSION CON ESFUERZO; ESTAS ALEACIONES SON MAS SUSCEPTIBLES A LA FRACTURA POR EXPLOSION. LA PRATICA DE LAMINAR PARA RELEVAR ESFUERZOS QUE INCIDE UNA DEFORMACION PLASTICA, INVOLUCRA UN RELEVADO MECANICO, TALES COMO DOBLADO O ENDERFZADO, O EL RELEVADO TERMICO POR DEBAJO DE LA TEMPERATURA DE RECRISTALIZACION O UNA COMBINACION DE AMBOS. EL RELEVADO DE ESFUERZOS TERMICO SE APLICA A PARTES TERMINADAS PARA PREVENIR LA FALLA POR EXPOSICION A CONDICIONES CORROSIVAS - AUN EN CONDICIONES SUAVES COMO EL AMONIACO EN LA ATMOSFERA O EL CONTACTO CON AGUA JABONOSA. LAS TEMPERATURAS TIPICAS PARA RELEVADO DE ESFUERZOS DE DOCE ALEACIONES DE COBRE SE DAN EN LA TABLA 6. COMO UN PUNTO PRACTICO, LA TEMPERATURA MAS ALTA PARA RELEVAR ESFUERZOS APLICADA EN UN TIEMPO CORTO, NO CAMBIA SIGNIFICATIVAMENTE LAS PROPIEDADES MECANICAS. CONTRARIAMENTE, LA TEMPERATURA MAS BAJA APLICADA POR UN LARGO TIEMPO ES EL CICLO IDEAL PARA EL RELEVADO DE ESFUERZOS Y RETENER LAS PROPIEDADES MECANICAS.

CUANDO SE UTILIZA EL CICLO OPTIMO, NO HAY DISMINUCION EN LA RESISTENCIA O EN LA DUREZA. GENERALMENTE, LA DUREZA Y LA RESISTENCIA DE LAS ALEACIONES TRABAJADAS EN FRIO SEVERAMENTE SE INCREMENTAN LIGERAMENTE CUANDO SE USA UNA TEMPERATURA DE RELEVADO DE ESFUERZOS BAJA.

ALGUNAS VECES, UN TRATAMIENTO TERMICO SUPLEMENTARIO, PARA RELEVAR ESFUERZOS SE USA PARA OBTENER ESTABILIDAD DIMENSIONAL EN LAS PARTES FORMADAS EN FRIO; ESTE ES A MENUDO CONVENIENTE PARA RELEVAR ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS FORMADAS EN FRIO O SOLDADAS. PARA ESTAS ESTRUCTURAS, LA TEMPERATURA DE RELEVADO DE ESFUERZOS ES DE 55 A 80°C POR ARRIBA DE LA TEMPERATURA USADA PARA UN PRODUCTO LAMINADO DE LA MISMA ALEACION.

SOLUCIONES DE SALES DE MERCURIO SE USAN NORMALMENTE PARA DETERMINAR SI LA ALEACION DE COBRE ESTA LIBRE O NO DE PELIGROSOS ESFUERZOS RESIDUALES. UN PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DESCRITO EN LA NORMA ASTM B154 SE USA COMO UNA GUIA EN LA SELECCION DEL TIEMPO Y TEMPERATURAS PARA EL RELEVADO DE ESFUERZOS.

TEMPLADO

LAS ALEACIONES DE COBRE COMERCIALMENTE IMPORTANTES QUE RESPONDEN AL TEMPLADO POR PRECIPITACION SON LOS BRONCES AL ALUMINIO, EL COBRE AL BERILIO, EL COBRE AL CROMO, EL COBRE AL CIRCONIO, EL COBRE AL NICKEL-SILICIO Y EL COBRE AL NICKEL-FOSFORO. OTRO TIPO DE MECANISMO DE TEMPLE SE UTILIZA CON LOS BRONCES AL ALUMINIO QUE CONTIENEN MAS DEL 10% DE AL. ESTAS ALEACIONES SON TEMPLADAS MEDIANTE ENFRIAR RAPIDAMENTE DESDE UNA TEMPERATURA ALTA PARA PRODUCIR UNA ESTRUCTURA DE TIPO MARTENSITICO Y ENTONCES SE HACE UN REVENIDO A UNA TEMPERATURA MAS BAJA. LAS ALEACIONES TEMPLABLES POR PRECIPITACION SON PROPORCIONADAS POR LAS LAMINADORAS EN LAS CONDICIONES DE SOLUCION TRATADA, TRABAJADA EN FRIO Y TEMPLADA POR PRECIPITACION. CUANDO LAS LAMINADORAS REALIZAN LA OPERACION DE TEMPLADO POR PRECIPITACION, NO ES NECESARIO OTRO TEMPLE POR PRECIPITACION DESPUES DE FABRICAR UNA PIEZA CON ESE METAL. SIN EMBARGO, ES DESEABLE UN RELEVADO DE ESFUERZOS DE LAS PIEZAS PARA ELIMINAR ESFUERZOS INDUCIDOS DURANTE LA FABRICACION. ESTE TRATAMIENTO ES PARTICULARMENTE DESEABLE PARA RESORTES DEL TIPO VOLADIZO Y PARA INTRINCADOS PERFILES MAQUINADOS, LOS CUALES REQUIEREN DE UNA MAXIMA RESISTENCIA A LA RELAJACION A TEMPERATURAS MODERADAMENTE ALTAS.

**TABLA 5. TEMPERATURAS DE RECOCIDO PARA EL COBRE Y SUS ALEACIONES
TRABAJADAS EN FRIO.**

MATERIAL	INTERVALO DE TEMPERATURAS DE RECOCIDO °C
COBRES	
COBRE ELECTROLITICO	245 A 635
COBRE DESOXIDADO (BAJO FOSFORO RESIDUAL)	300 A 635
COBRE DESOXIDADO (ALTO FOSFORO RESIDUAL)	357 A 635
COBRE LIBRE DE OXIGENO; COBRE DE CORTE FACIL	412 A 635
ALEACIONES DE COBRE	
DORADO; BRONCE COMERCIAL	412 A 725
BRONCE PARA JOYERIA; LATON PARA CARTUCHOS; BRONCE AL ALUMINIO (5% Al)	412 A 745
LATON ROJO	412 A 720
LATON BAJO; LATON AMARILLO; LATON AL ALTO PLOMO	412 A 690
BRONCE COMERCIAL CON PLOMO; LATON AL BAJO PLOMO; LATON AL PLOMO MEDIO; METAL MUNTZ DE CORTE FACIL; LATON AL PLOMO SUPER ALTO	412 A 635
METAL MUNTZ; METAL MUNTZ CON PLOMO; LATON DE CORTE FACIL; LATON PARA FORJA; BRONCE ARQUITECTONICO; ALMIRANTAZGO INHIBIDO; LATON NAVAL; LATON NAVAL CON PLOMO; BRONCE AL MANGANESO; LATON AL ALUMINIO	412 A 580
BRONCES FOSFORADOS, GRADO A, C Y D; BRONCE AL BAJO SILICIO B	470 A 662
BRONCE FOSFORADO E	470 A 635
CUPRONICKEL, 30%	535 A 600
NICKEL ARGENTIFERO, 65-18, 65-12 Y 55-18; CUPRONICKEL, 10%	590 A 800

CONTINUACION TABLA 5.

MATERIAL	INTERVALO DE TEMPERATURA DE RECOCIDO °C
BRONCE AL ALTO SILICIO	470 A 690
BRONCE AL ALUMINIO	690
BRONCE AL ALUMINIO-SILICIO	ARRIBA DE 600
COBRE AL BERILIO	760 A 1024

TABLA 6. TEMPERATURAS TÍPICAS PARA RELEVADO DE ESFUERZOS DE DOCE ALEACIONES DE COBRE.

ALEACION	TEMPERATURA PARA RELEVADO DE ESFUERZOS °C (a)
DORADO, 95%	176
BRONCE COMERCIAL, 90%	190
LATON ROJO, 85%	218
LATON BAJO, 80%	232
LATON PARA CARTUCHOS, 70%	246
LATON AMARILLO, 65%	246
METAL MUNTZ, 60%	190
LATON DE CORTE FACIL	232
ALMIRANTAZGO INHIBIDO	274
BRONCES FOSFOPADOS, GRADOS A Y C	176
CUPRONICKEL, 10 Y 30%	246
NICKEL ARGENTIFERO, 65-18	246

(a) EL TIEMPO A ESTA TEMPERATURA ES 1 HORA.

EL FOSFORO

ELEMENTO DE NUMERO ATOMICO 15, DE MASA ATOMICA 30.97 Y DE SIMBOLO P.
EL FOSFORO ES UN METALOIDE DEL CUAL EXISTEN TRES FORMAS ALOTROPICAS:
EL FOSFORO BLANCO, EL FOSFORO ROJO Y EL FOSFORO NEGRO.

EL FOSFORO BLANCO ES UN SOLIDO BLANDO, TRASLUCIDO, DE COLOR AMBAR
QUE HUELE A AJO.

ES INSOLUBLE EN EL AGUA Y EN EL ALCOHOL, PERO ES MUY SOLUBLE EN EL
SULFURO DE CARBONO.

CRISTALIZA EN EL SISTEMA CUBICO. SU DENSIDAD ES DE 1.86; SUS
TEMPERATURAS DE FUSION Y EBULLICION SON, RESPECTIVAMENTE DE 44° Y
283°C.

ES MUY COMBUSTIBLE, PUES SE INFLAMA CON EL AIRE A LA TEMPERATURA DE
50°C, Y VENENOSO, DADO QUE UNA DOSIS DE VARIOS CENTIGRAMOS PUEDE
SER MORTAL. EN PRESENCIA DEL AIRE DA UNA COMBUSTION LENTA A LA CUAL
DEBE SU LUMINISCENCIA AZULINA, VISIBLE EN LA OSCURIDAD. ESTA
OXIDACION, EN LA CUAL SE FORMA ANHIDRIDO FOSFOROSO P_2O_3 , PUEDE
PROVOCAR LA INFLAMACION ESPONTANEA, POR CUYA RAZON CONVIENE
CONSERVARLO EN RECIPIENTES LLENOS DE AGUA.

EL FOSFORO ROJO ES UN SOLIDO VIOLETA O AMARILLO, SEGUN QUE ESTE
COMPACTO O FINAMENTE PULVERIZADO. SU DENSIDAD ES DE 2.34. NO FUNDE
(A MENOS QUE SE EMPLEE LA PRESION) PUES SE SUBLIMA A LA TEMPERATURA
DE 55°C. ES PRACTICAMENTE INSOLUBLE INCLUSO EN EL SULFURO DE
CARBONO, CRISTALIZA EN EL SISTEMA ROMBICO, CARECE DE TOXICIDAD Y
SOLOAMENTE SE INFLAMA EN EL AIRE A TEMPERATURAS DEL ORDEN DE 260°C.

EL FOSFORO ROJO SE OBTIENE A PARTIR DEL FOSFORO BLANCO MEDIANTE
CALENTAMIENTO A 250-270°C DURANTE DIEZ DIAS EN CALDERAS DE HIERRO,
EN BAÑO DE ARENA.

EL FOSFORO NEGRO ES LA VARIEDAD MAS ESTABLE, SE OBTIENE SOMETIENDO

AL FOSFORO BLANCO A ALTAS PRESIONES. CRISTALIZA EN EL SISTEMA ORTORROMBICO.

LA FUENTE PRICIPAL DE FOSFORO SON LOS DEPOSITOS NATURALES DE FOSFATO DE CALCIO QUE CONTIENEN FLUOR Y OTRAS IMPUREZAS EN CONCENTRACIONES MAS BAJAS. LA ESTRUCTURA QUIMICA BASICA DE LA ROCA CORRESPONDE A LA APATITA (FOSFATO DE CALCIO, FLUOR Y CLORO), QUE HA RESISTIDO A LA DISOLUCION DURANTE MILES Y PROBABLEMENTE MILLONES DE AÑOS, DEBIDO A SU BAJA SOLUBILIDAD. LA ESTRUCTURA DE LA APATITA TAMBIEN APARECE EN LOS DIENTES HUMANOS LO QUE EXPLICA SU GRAN DURABILIDAD.

MARRUECOS Y LA FLORIDA SON LOS PRINCIPALES PROVEEDORES PARA LOS PAISES EUROPEOS Y OTROS MERCADOS MUNDIALES.

EL VALOR DE UNA ROCA DE FOSFATO SE BASA EN SU CONTENIDO DE ANHIDRIDO FOSFORICO (P_2O_5 O PENTOXIDO DE FOSFORO).

EN LA INDUSTRIA SE USA EL TERMINO FOSFATO CALCICO DE HUESOS (FCH) QUE SIGNIFICA QUE EL CONTENIDO DE FOSFORO SE EXPRESA COMO FOSFATO TRICALCICO ($Ca_3 (PO_4)_2$).

PARA CONVERTIR EL ANHIDRIDO FOSFORICO A FCH, SE USA LA RELACION DE PESOS MOLECULARES DE AMBOS MATERIALES, QUE ES DE 2.185. LOS GRADOS COMERCIALES TÍPICOS DE LA ROCA DE FLORIDA VARIAN ENTRE 68% Y 78% DE FCH. ALGUNAS VECES, LA CONCENTRACION SE INCREMENTA CALCINANDO LA ROCA ANTES DE USARLA, PARA DISMINUIR LOS CONTENIDOS DE CARBONATO Y DE SUSTANCIAS ORGANICAS.

HISTORICAMENTE, LAS FUENTES DE FOSFATO FUERON DURANTE MUCHOS AÑOS LOS HUESOS Y EL GUANO. ESTAS FUENTES HAN DEJADO DE SER IMPORTANTES DEBIDO A SU AMPLIA DISTRIBUCION EN CANTIDADES PEQUEÑAS, LO QUE HACE QUE SU RECOLECCION SEA IMPRACTICA DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMICO.

EXTRACCION

LA EXTRACCION DE FOSFATOS SE SUELE LLEVAR A CABO POR MEDIO DE UN CABLE DE ARPASTRE. LA MAGNITUD DE LA OPERACION VARIA NOTABLMENTE DESDE EL ENORME CUCHARON DE 100 TON. QUE SE USA EN LA FLORIDA, HASTA EL MAS PEQUEÑO DE UNA TON. QUE SE SUELE USAR EN TENNESSE. EL TIPO DE OPERACION TAMBIEN ES VARIABLE, PUES VA DESDE LA LINEA SECA USUAL QUE SE USA EN LA MAYORIA DE LAS MINAS HASTA LA LINEA SUBMARINA DE CAROLINA DEL NORTE.

EL MATERIAL RECIEN EXTRAIDO PUEDE SER TRANSPORTADO EN AGUA, EN CAMIONES O POR MEDIO DE BANDAS TRANSPORTADORAS HASTA UN PUNTO CENTRAL.

BENEFICIACION

EN GENERAL, LOS FOSFATOS SE BENEFICIAN (SE CONCENTRAN); LAVANDOLOS Y TAMIZANDOLOS, O BIEN LAVANDOLOS Y SEPARANDO LOS FOSFATOS DE LA POR MEDIO DE CICLONES EN MEDIO HUMEDO.

EL PROCESO DE FLOTACION PARA BENEFICIAR LOS FOSFATOS CONSISYE EN LAVAR Y TAMIZAR, CLASIFICAR Y FLOTAR Y SE REALIZA DE LA SIGUIENTE MANERA:

LA ROCA DE FOSFATO SE SUSPENDE EN AGUA Y SE BOMBEA A UNA PLANTA DE LAVADO QUE, POR LO GENERAL, ESTA LOCALIZADA A VARIOS KILOMETROS DE LA OPERACION DE EXTRACCION. LAS PARTICULAS MAS GRANDES SE SEPARAN TAMIZANDO LA SUSPENSION Y SE TRITURAN EN MOLINOS DE MARTILLOS. LA COMBINACION DE FINOS Y TAMAÑOS GRANDES TRITURADOS SE LAVA PARA SEPARAR EL LODO, LA ARCILLA Y OTROS MATERIALES EXTRAÑOS.

EL PRODUCTO ESTA FORMADO EN EL MATERIAL QUE PASA A TRAVES DE UN TAMIZ DE 1.25cm (5 pulgadas) PERO QUE ES RETENIDO POR UNA MALLA 14. EL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA 14 SE HACE PASAR A TRAVES DE UN

HIDROCLASIFICADOR CON EL CUAL SE SEPARA LA SILICE, LA ARCILLA COLLOIDAL Y EL FOSFATO DE -150 MALLAS, QUE SE ENVIAN A UN ESTANQUE DE SEDIMENTACION. EL MATERIAL ENTRE +150 Y -14 MALLAS SE TRATA EN UN CLASIFICADOR.

EL FLUIDO DE DERRAME SE ENVIA A OTRO HIDROCLASIFICADOR MAS PEQUEÑO Y LOS FONDOS, CONSTITUIDOS POR PARTICULAS MAYORES, SE ALIMENTAN A OTRO CLASIFICADOR MAS GRANDE. ENTONCES LAS FRACCIONES DE DIVERSOS TAMAÑOS SE ENVIAN A LA PLANTA DE AGLOMERACION O A LA DE FLOTACION. LA FRACCION CONSTITUIDA POR LAS PARTICULAS DE -20 +35 MALLAS, PROVENIENTES DE LOS HIDROCLASIFICADORES SE AGLOMERA PARA SEPARAR LOS FOSFATOS DE LOS MATERIALES INDESEABLES. A ESTA FRACCION SE LE AÑADE HIDROXIDO DE SODIO, ACEITE COMBUSTIBLE Y ACIDOS GRASOS. ESTE TRATAMIENTO HACE QUE LOS FOSFATOS SE AGLOMEREN. LA SEPARACION DEL FOSFATO DE LOS MATERIALES INDESEABLES PUEDE HACERSE POR MEDIO DE MESAS ESTRIADAS, ESPIRALES, TAMIZANDO O TRATAMIENTOS EN TRANSPORTADORES DE AGLOMERACION. ESTOS PROCESOS PERMITEN OBTENER CONCENTRADOS DE ALTO CONTENIDO DE FOSFATO.

PRODUCCION DE FOSFORO ELEMENTAL

LA ROCA DE FOSFATO SE TRANSFORMA EN PRODUCTOS QUIMICOS UTILES CON DOS METODOS PRINCIPALES:

- 1.- EL PROCESO ACIDO EN HUMEDO QUE PRODUCE UN ACIDO FOSFORICO IMPURO
- 2.- COMBUSTION DEL FOSFORO ELEMENTAL PARA FORMAR UN ACIDO FOSFORICO PURO, ADECUADO PARA SU USO EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y PARA LA PREPARACION DE FOSFATOS Puros. LA PRODUCCION DE FOSFORO ELEMENTAL UTILIZA UN HORNO ELECTRICO

PROCESO DE HORNO ELECTRICO

PARA REDUCIR EL FOSFATO A FOSFORO ELEMENTAL SE USA UN HORNO ELECTRICO, YA QUE ESTA UNIDAD ES CAPAZ DE PRODUCIR LAS ALTAS TEMPERATURAS NECESARIAS PARA REDUCIR EL MINERAL Y GENERAR VAPOR DE FOSFORO QUE NO ESTE DILUIDO CON OTROS VAPORES.

EN EL PASADO, EL CALOR NECESARIO SE OBTENIA POR COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSILES EN LUGAR DE ELECTRICIDAD:

LA REACCION PRINCIPAL EN EL HORNO ES COMO SIGUE:



LA COMPOSICION DE LA ROCA DE FOSFATO ES, VARIABLE, PERO LA PROPORCION DE FOSFORO A FLUOR ES BASTANTE CONSTANTE Y MUY APROXIMADAMENTE A LA QUE SE MUESTRA EN ESTA ECUACION. LA FUENTE DE SiO_2 ES ARENA Y LA FUENTE USUAL DE CARBON ES COQUE METALURGICO.

LOS HORNOS SE ALIMENTAN CON MATERIALES PRESECADOS, AUNQUE EN ALGUNAS OCASIONES TAMBIEN SE USA UNA ALIMENTACION SIN SECAR. LA HUMEDAD EN EL HORNO PUEDE CAUSAR REACCIONES VIOLENTAS PERO CUANDO SE USA EL METODO DE ALIMENTACION EN EL CUAL SE HACEN PASAR GASES DE ESCAPE CALIENTES A TRAVES DE LA PARTE SUPERIOR, DE LA CARGA EN EL HORNO, ESTA SE SECA ANTES DE COMENZAR A REACCIONAR. LA CARGA SE AGLUTINA PARA REDUCIR LA SEGREGACION AL MINIMO Y EN ALGUNAS OPERACIONES SE USAN DISPOSITIVOS ESPECIALES PARA DEJARLA CAER DENTRO DEL HORNO Y MANTENERLA EN UNA BUENA CONDICION DE MEZCLADO.

EL HORNO SE CONSTRUYE CON UNA CORAZA DE ACERO AL CARBON ENFRIADA EN EL EXTERIOR CON AGUA.

EL HOSAR Y LA SECCION INFERIOR DE LAS PAREDES INTERIORES SE FABRICAN CON CARBON MONOLITICO Y LA SECCION SUPERIOR Y EL TECHO CON CEMENTO DE ZIRCONIO.

LA ENERGIA SE OBTIENE CON TRES ELECTRODOS Y PUESTO QUE SE REQUIEREN DE 40,000 A 60,000 KVA LA FUENTE DE POTENCIA ES UN SISTEMA TRIFASICO. PARA PRODUCIR ESTA ENORME CANTIDAD DE ENERGIA SE NECESITAN ELECTRODOS DE 120 A 150 CM DE DIAMETRO.

EL FLUJO DE ENERGIA A TRAVES DE CADA FASE SE MANTIENE A NIVELES SIMILARES POR MEDIO DE UN SISTEMA BASTANTE COMPLICADO QUE ELEVA Y HACE DESCENDER LOS ELECTRODOS PARA CONTROLAR SU CONTACTO CON LA MASA CONDUCTORA FUNDIDA.

ES IMPORTANTE CONTROLAR EL CONSUMO DE ENERGIA EN CADA FASE PARA MANTENER UN ALTO FACTOR DE POTENCIA Y REDUCIR AL MINIMO LOS COSTOS DE OPERACION.

LOS SISTEMAS AUXILIARES PARA EL HORNO INCLUYEN LOS EQUIPOS QUE SE USAN PARA CARGAR DICHO HORNO CON LAS MATERIAS PRIMAS, PARA SEPARAR LOS SOLIDOS DE LOS VAPORES QUE SALEN DEL HORNO, PARA CONDENSAR EL FOSFORO EN EL GAS DE ESCAPE Y PARA DESCARGAR LOS SUBPRODUCTOS DEL HORNO.

EL EQUIPO DE CARGA CONSISTE EN BANDAS, PESADURAS, ELEVADORES Y VERTEDEROS DE ALIMENTACION. EL EQUIPO ESTA DISEÑADO DE TAL MANERA QUE SE LOBRE CARGAR UNA COMPOSICION CONSTANTE EN TODOS LOS VERTEDEROS.

LOS SOLIDOS SE SEPARAN DE LOS GASES CALIENTES USANDO UN PRECIPITADOR ELECTROSTATICO, COMPUESTO POR UN TUBO CON UN ALAMBRE EN EL CENTRO PARA PRODUCIR LAS CARGAS NEGATIVA Y POSITIVA. LOS SOLIDOS SE CARGAN DE ELECTRICIDAD ANTES DE ENTRAR A LOS TUBOS Y SE SEPARAN AL SER ATRAIDOS POR LA CARGA OPUESTA DE DICHOS TUBOS, PARA DESPUES HACELOS SALIR POR EL FONDO DEL TUBO. EL VAPOR DEL FOSFORO Y EL MONOXIDO DE CARBONO SALEN POR LA PARTE SUPERIOR DEL PRECIPITADOR. EL FOSFORO SE SEPARA DE LOS OTROS GASES EN UN CONDENSADOR EQUIPADO CON RODAJEROS

DE AGUA QUE LOS ENFRIA. EL MONOXIDO DE CARBONO PASA A TRAVES DEL CONDENSADOR. EL FOSFORO LIQUIDO Y EL AGUA FLUYEN HACIA TANGUES EN LOS QUE SE SEDIMENTA EL FOSFORO, QUE SE BOMBEA AL ALMACENAMIENTO. EL FOSFORO CON IMPUREZAS SE SEPARA DEL FOSFORO PURO POR SU DIFERENCIA DE PESO ESPECIFICO Y SUBSECUENTEMENTE SE MANEJA EN SISTEMAS SEPARADOS.

EN MEXICO, EL MINERAL QUE SE EXPLOTA ES LA FOSFORITA, QUE ES UNA ROCA NATURAL QUE CONTIENE UNO O MAS MINERALES FOSFATADOS, GENERALMENTE FOSFATO DE CALCIO, EN CANTIDAD Y PUREZA SUFICIENTE PARA PERMITIR SU USO EN FORMA NATURAL, O BENEFICIADA, EN LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS COMERCIALES.

SU ANALISIS PUEDE DARSE EN TERMINOS DE PENTOXIDO DE FOSFORO, O BIEN, COMO FOSFATO TRICALCICO.

LOS YACIMIENTOS MEXICANOS DE ROCA FOSFATADA, CONOCIDOS HASTA 1969, SON DE CUATRO TIPOS, A SABER: EL MANTO INTERESTRATIFICADO EN CALIZA, LOCALIZADO EN LOS ESTADOS DE COAHUILA, ZACATECAS Y NUEVO LEON, EL CUAL ES CONOCIDO COMO "FOSFORITA DE LA CAJA". LAS ARENAS Y DEPOSITOS CERCANOS A LA PLAYA, QUE SE ENCUENTRAN AL NORTE DE BAHIA MAGDALENA, EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA, CUYA EXTENSION ES BASTANTE CONSIDERABLE PERO CONTIENE UNICAMENTE ALREDEDOR DE 4% DE P_2O_5 .

LOS YACIMIENTOS DE WAVELITA (FOSFATO DE ALUMINIO), LOCALIZADOS EN SAN LUIS POTOSI, DE LOS CUALES NO SE TIENEN DATOS DE SU TONELAJE, LEY E IMPORTANCIA, Y LAS PEQUEÑAS RESERVAS DE ROCA FOSFORITICA, EXISTENTES EN COAHUILA, NUEVO LEON, ZACATECAS, TAMAULIPAS, DURANGO, SAN LUIS POTOSI, QUERETARO Y OAXACA.

EL ESTA&O

EXISTEN PRUEBAS DE QUE EL ESTA&O SE USABA ENTRE LOS 3,200 Y 3500 A&OS AC. ENTONCES EL ESTA&O PROCEDIA DE LAS ISLAS CASITERIDES QUE SE CREE ERAN DE LAS ISLAS SCILLY (AL SURESTE DE CORNUALLES) O, MAS PROBABLEMENTE, EL MISMO CORNUALLES. DESPUES DE LA LLEGADA DE LOS ESPA&OLES A ESTA REGION, SON MAS CLARAS LAS CITAS HISTORICAS RELATIVAS AL COMERCIO DEL ESTA&O.

EN EL SIGLO XIII, LA PRODUCCION DE ESTA&O EN CORNUALLES LLEGO A UNAS 300 TONELADAS, Y HACIA EL SIGLO XIX SE ELEVO A 9,000. SU PRODUCCION ACTUAL ES DE MENOS DE 1,000 TONELADAS ANUALES.

LA EXTRACCION DE ESTA&O EN MALAYA (ACTUALMENTE EL PRODUCTOR MAS GRANDE DEL MUNDO) Y EN CHINA DATA DEL SIGLO IX.

INDONESIA Y TAILANDIA INICIARON SU PRODUCCION A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVIII; LA DE BOLIVIA, LA DEL CONGO Y LA DE NIGERIA SON RELATIVAMENTE RECIENTES.

EL ESTA&O ES UN ELEMENTO QUIMICO DE SIMBOLO Sn, NUMERO ATOMICO 50 Y PESO ATOMICO 118.71 PERTENECE AL GRUPO IV DE LA CLASIFICACION PERIODICA. ES UN METAL BLANCO NO TOXICO, MUY MALLEABLE, DUCTIL PERO POCO TENAZ, POSEE ALTA REFLECTIVIDAD Y CONSERVA SU BRILLO DURANTE SU EXPOSICION AL AIRE LIBRE Y EN LUGARES CERRADOS. SU PUNTO DE FUSION ES DE 231°C Y EL DE EBULLICION ES DE 2270°C.

EXISTEN DOS FORMAS ALotropicas DEL ESTA&O: EL ESTA&O BLANCO Y EL ESTA&O GRIS; EL ESTA&O BLANCO TIENE UNA DENSIDAD DE 7.29 Y CRISTALIZA EN EL SISTEMA TETRAEDRICO DE CUERPO CENTRADO. EL ESTA&O GRIS TIENE UNA DENSIDAD DE 5.77 Y CRISTALIZA EN EL SISTEMA CUBICO DE CUERPO CENTRADO.

AUNQUE SU TEMPERATURA DE TRANSFORMACION ES DE 13.2°C SU TRANSFORMACION EN ESTA&O GRIS NO SE VERIFICA EN CONDICIONES

PRACTICAS SI EL METAL NO ES DE ALTA PUREZA Y ESTA EXPUESTO A TEMPERATURAS BAJO CERO. SU TRANSFORMACION SE RETRASA POR PEQUE&AS CANTIDADES DE BISMUTO, ANTIMONIO, PLOMO, PLATA Y ORO. POR EL CONTRARIO PEQUE&AS CANTIDADES DE PLOMO Y DE ZINC ACELERAN EL CAMBIO.

ESTADO NATURAL

DE LOS NUEVE MINERALES QUE CONTIENEN ESTAÑO HALLADOS EN LA CORTEZA TERRESTRE SOLO UNO, LA CASITERITA, SnO_2 , TIENE IMPORTANCIA INDUSTRIAL. LOS RESTANTES MINERALES SON SULFUROS COMPLEJOS Y SOLO EN BOLIVIA TIENEN IMPORTANCIA. LA ESTANMITA, Cu_2Fe , SnS_2 SON LOS PRINCIPALES.

EN LOS FILONES LA CASITERITA SE ENCUENTRA SIEMPRE ASOCIADA CON ROCAS GRANITICAS COMO EL GRANITO, LA GRANODIORITA, CUARZO-MONACITA; LOS PIKILIVUS AFINES Y LAS DEGMATITAS SE CONSIDERA QUE LAS INTRUSIONES GRANITICAS SON LAS FUENTES DE LA MINERALIZACION DEL ESTAÑO; SIN EMBARGO SOLO UNAS POCAS ZONAS DE GRANITO HAN RENDIDO DEPOSITOS DE ESTAÑO EXPLOTABLES. LOS PLACERES SE FORMAN POR METEORIZACION SUPERFICIAL Y EROSION DE LAS ROCAS CITADAS. EXISTEN TRES VARIEDADES DE PLACERES QUE SE DIFERENCIAN POR LA INTENSIDAD DE LA EROSION POR AGUA, PUES LA METEORIZACION QUIMICA ES POCO MAS O MENOS LA MISMA EN CADA CASO. SE DISTINGUEN, PUES :

- 1) CONCENTRACIONES RESIDUALES;
- 2) DEPOSITOS FLUVIALES;
- 3) DEPOSITOS ALUVIALES;

PROPIEDADES QUIMICAS DEL ESTAÑO

REACCION: EL ESTAÑO ES ANFOTERO; REACCIONA CON LAS BASES FUERTES Y CON LOS ACIDOS FUERTES Y ES RELATIVAMENTE RESISTENTE A LAS SOLUCIONES CASI NEUTRAS. EL OXIGENO EN LAS SOLUCIONES ACUOSAS ACELERA GRADUALMENTE LA CORROSION. EN AUSENCIA DEL OXIGENO, EL ALTO SOBREPOTENCIAL DE HIDROGENO EN EL ESTAÑO ES CAUSA DE QUE UNA PELICULA DE HIDROGENO SEA RETENIDA EN LA SUPERFICIE, DE MODO QUE EL ATAQUE POR LOS ACIDOS QUEDA ELIMINADO. EL METAL NORMALMENTE ESTA RECUBIERTO POR UNA INVISIBLE PELICULA DE OXIDO ESTANICO, LA CUAL

PUEDE SER COMPLETAMENTE ELIMINADA POR ACIDOS O POR LOS ALCALIS. LOS ACIDOS HALOGENHIDRICOS ATACAN AL ESTAÑO, PARTICULARMENTE CUANDO ESTAN CALIENTES Y CONCENTRADOS. EL ACIDO SULFURICO CALIENTE DISUELVE EL METAL ESPECIALMENTE EN PRESENCIA DE OXIDANTES. EL ACIDO NITRICO DILUIDO Y FRIO ATACA AL ESTAÑO LENTAMENTE CON MAYOR RAPIDEZ EL ACIDO CONCENTRADO Y CALIENTE. EL ACIDO NITRICO CALIENTE CONVIERTE AL ESTAÑO EN ACIDO METAESTANNICO (OXIDO STANNICO HIDRATADO) EL ACIDO, OXALICO ES QUIZA PARA EL ESTAÑO, EL MAS CORROSIVO DE LOS ACIDOS ORGANICOS COMUNES.

LAS SOLUCIONES DILUIDAS DE ALCALIS DEBILES COMO EL HIDROXIDO DE AMONIO Y EL CARBONATO DE SODIO, PRODUCEN ESCASO EFECTO EN EL ESTAÑO; UN ALCALI FUERTE COMO EL HIDROXIDO DE SODIO ES CORROSIVO EN FRIO AUNQUE ESTE DILUIDO. LOS ALCALIS FUERTES DISUELVEN AL ESTAÑO CON FORMACION DE ESTANNATOS.

LAS SALES CON REACCION ACIDA EN SOLUCION COMO EL CLORURO DE ALUMINIO, ATACAN AL ESTAÑO EN PRESENCIA DE OXIDANTES O DEL AIRE. LAS SOLUCIONES DE CLORURO FERRICO ATACAN AL ESTAÑO EN PRESENCIA DEL OXIGENO O DEL AIRE. LOS MEDIOS NO ACUOSOS PRODUCEN POCO EFECTO EN EL ESTAÑO.

EXPLOTACION MINERA Y CONCENTRACION

LOS METODOS DE EXPLOTACION DEL MINERAL DE ESTAÑO DEPENDEN DEL CARACTER DE LOS DEPOSITOS. CINCO METODOS ESTAN EN USO: EL DRAGADO, EL BOMBEO DE LA GRAVA, LABOREO CON CHORRO DE AGUA A PRESION, MINERIA A CIELO ABIERTO.- EXPLOTACION SUBTERRANEA, EL DRAGADO, EL BOMBEO DE LA GRAVA Y EL LABOREO SUBTERRANEO SON LOS MAS PRODUCTIVOS.

EL DRAGADO SE HACE CON UNA DRAGA FLOTANTE GENERALMENTE EN UN ESTANQUE ARTIFICIAL CONSTRUIDO EN UN PLACER. LA LIMPIEZA PRELIMINAR SE HACE CON CRIBAS HIDRAULICAS Y MESAS VIBRATORIAS A BORDO DE LA DRAGA, Y LA CONCENTRACION FINAL EN EL TINGLADO DE LIMPIEZA EN LA ORILLA. LAS DRAGAS OPERAN EN MALAYA CON UN MINERAL QUE CONTIENE POR TERMINO MEDIO 17891 POR METRO CUBICO, Y EN EL TINGLADO DE LIMPIEZA LOS CONCENTRADOS CONTIENEN ENTRE 70 Y 77% DE ESTAÑO, ES DECIR, CASI CASITERIA PURA (78.6% DE ESTAÑO). EL BOMBEO DE LA GRAVA EL SEGUNDO EN IMPORTANCIA DE LOS METODOS DE EXPLOTACION, SE USA MUCHO EN LAS OPERACIONES EN PEQUEÑA ESCALA EN LOS PLACERES DEL SUDESTE DE ASIA. CONSISTE ESENCIALMENTE EN ELEVAR EL MINERAL DE ESTAÑO HASTA UNA CAJA DE LAVADO DESDE UN POZO EXCAVADO EN EL PLACER.

LA EXCAVACION SUBTERRANEA SE HACE EN ESCALONES Y SE QUIEBRA EL MINERAL EN EL TAJO POR VOLADURA Y PERFORACION.

PARA SU CONCENTRACION SE PROCEDE MEDIANTE TRITURACION Y LAVADOS SUCESIVOS A ELIMINAR GRAN PARTE DE LA GANGA SILICOSA Y ENRIQUECER EL MINERAL. SE QUEMA EL SULFURO A FIN DE ELIMINAR EL AZUFRE Y EL ARSENICO. EL OXIDO SE REDUCE LUEGO POR MEDIO DEL CARBON (HULLA O CARBON DE MADERA) EN HORNOS DE REVERBERO.

BRONCES FOSFORADOS

GENERALIDADES.

LOS AUTENTICOS BRONCES SON ALEACIONES DE COBRE, ESTANDO CON CONTENIDOS QUE VARIAN DEL 2 AL 20%. CONTENIDOS DE ESTAÑO MAS ELEVADOS, DEL ORDEN DE 10 A 25%, SE ENCUENTRAN UNICAMENTE EN BRONCES ESPECIALES, TALES COMO LOS DE CAMPANA ($78Cu\ 22Sn$).

SE PUEDEN DISTINGUIR DOS FAMILIAS DE ALEACIONES: BRONCES BINARIOS Y BRONCES COMPLEJOS QUE CONTIENEN UN TERCER ELEMENTO; NOSOTROS HABLAREMOS SOBRE LOS BRONCES BINARIOS.

A LOS BRONCES BINARIOS SE LES AGREGA FOSFORO (HASTA 1%); ESTE ES UN DESOXIDANTE Y MEJORA LAS PROPIEDADES DE FUNDICION, LAS PROPIEDADES MECANICAS Y DE ANTIFRICCION.

DIAGRAMA DE FASES.

PARA COMPRENDER MEJOR LAS PROPIEDADES DE LOS BRONCES, ES NECESARIO CONSIDERAR EL DIAGRAMA DE FASES. EN EL SE OBSERVA UNA FASE ALFA, MALEABLE EN CALIENTE Y EN FRIO. CON ALTO CONTENIDO DE ESTAÑO APARECE UNA SEGUNDA FASE DELTA, DURA Y FRAGIL. SE COMPRENDE PUES QUE TEORICAMENTE, LOS BRONCES PARA FORJA NO PUEDEN TENER MAS DEL 16% DE ESTAÑO, PARA EVITAR LA APARICION DE LA FASE DELTA. EN LA PRACTICA SU CONTENIDO DE ESTAÑO NO SOBREPASA EL 10%.

LA FASE BETA SE FORMA COMO RESULTADO DE UNA REACCION PERITECTICA A $784^{\circ}C$. A $572^{\circ}C$, DICHA FASE BETA SUFRE UNA REACCION EUTECTOIDE PARA FORMAR LA MEZCLA EUTECTOIDE ALFA + GAMMA. A $508^{\circ}C$, GAMMA TAMBIEN SUFRE UNA TRANSFORMACION EUTECTOIDE A ALFA + DELTA. EL DIAGRAMA TAMBIEN INDICA LA DESCOMPOSICION DE LA FASE DELTA, LA CUAL TIENE LUGAR POR UNA REACCION EUTECTOIDE A $336^{\circ}C$, QUE FORMA ALFA + EPSILON. ESTA REACCION ES TAN LENTA QUE EN LAS ALEACIONES

COMERCIALES, LA FASE EPSILON NO EXISTE. LA PENDIENTE DE LA LINEA SOLVUS POR DEBAJO DE 506°C MUESTRA UN CONSIDERABLE DECREMENTO EN LA SOLUBILIDAD DEL ESTAÑO EN LA FASE ALFA. DEBIDO A ESTE CAMBIO EN SOLUBILIDAD, LA PRECIPITACION DE LA FASE DELTA O EPSILON ES TAN LENTA QUE, PARA PROPOSITOS PRACTICOS, LA LINEA SOLVUS ESTA INDICADA POR LA LINEA VERTICAL PUNTEADA POR DEBAJO DE 506°C. POR ELLO, LOS BRONCES FUNDIDOS LENTAMENTE ENFRIADOS QUE CONTIENEN MENOS DEL 7% DE ESTAÑO SUELEN MOSTRAR UNA FASE: LA SOLUCION ALFA SOLIDA. EN LA MAYORIA DE LAS PIEZAS FUNDIDAS QUE CONTIENEN SOBRE EL 7% DE ESTAÑO, HAY ALGO DE LA FASE DELTA.

COMPOSICION.

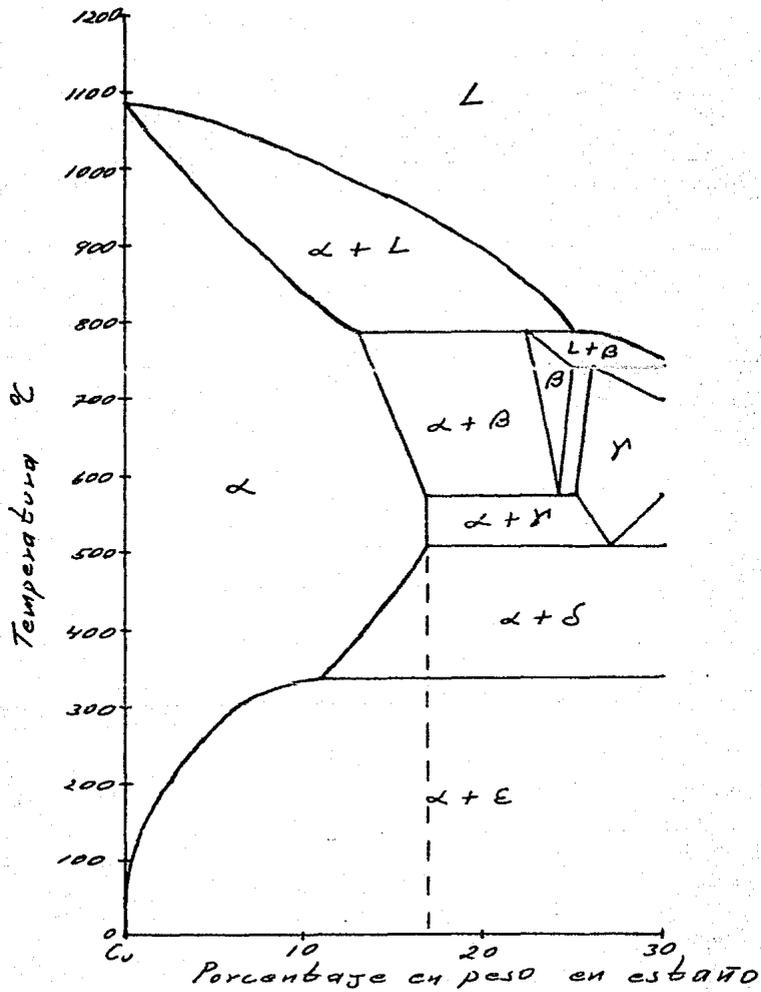
LOS BRONCES BINARIOS SON LLAMADOS TAMBIEN BRONCES FOSFORADOS A CAUSA DEL CONTENIDO RESIDUAL DE FOSFORO AÑADIDO COMO DESOXIDANTE. EL CONTENIDO DE FOSFORO RESIDUAL ES DE 0.01 A 0.3%.

LOS PRINCIPALES BRONCES FOSFORADOS SON:

CuSn2	(FORJA)
CuSn4	(FORJA)
CuSn5	(FORJA)
CuSn6	(FORJA)
CuSn8	(FORJA)
CuSn10	(FORJA, MOLDEO EVENTUALMENTE)
CuSn12	(MOLDEO)
CuSn14	(MOLDEO)

LOS BRONCES FORJADOS SE SUMINISTRAN EN FORMA DE ALAMBRES, BANDAS Y BARRAS. ADEMÁS, EL CuSn5, EL CuSn6 Y EL CuSn8 SE SUMINISTRAN A VECES EN FORMA DE TUBOS.

LOS BRONCES PARA MOLDEO SE SUMINISTRAN EN FORMA DE LINGOTES.



PROPIEDADES FISICAS.

LOS BRONCES CON HASTA 5% DE ESTAÑO SON ROSADOS; CON CONTENIDO MAS ALTO TOMAN UN TONO DORADO, CADA VEZ MAS OSCURO HASTA EL 15% DE ESTAÑO. Y EMPALIDECEN CON CONTENIDOS MAS ALTOS.

ES NOTABLE LA EXCELENTE COMBINACION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (DOBLE O TRIPLE DE LA DE UN ACERO DE MUELLES) Y PEQUEÑO MODULO ELASTICO. ESTO HACE QUE LOS BRONCES FOSFORADOS SEAN MUY INTERESANTES PARA LA FABRICACION DE RESORTES PARA ELECTROTECNIA, YA QUE, ADEMÁS, SU RESISTENCIA A LA CORROSION ES GENERALMENTE MUY BUENA Y TAMBIEN SON AMAGNETICOS. (VER TABLA 7.)

PROPIEDADES MECANICAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

LAS CARACTERIZTICAS MECANICAS DE LOS BRONCES FOSFORADOS AUMENTAN CON EL CONTENIDO DE ESTAÑO. ESTOS PUEDEN ADQUIRIR POR FORJA (LAMINACION, TREFILADO, ESTIRADO EN FRIO) CARACTERIZTICAS RELATIVAMENTE ELEVADAS. LAS CARACTERIZTICAS MECANICAS DEPENDEN PRINCIPALMENTE DEL CONTENIDO DE COMPUESTO DELTA; EN GENERAL, LA CARGA DE RUPTURA Y EL ALARGAMIENTO DISMINUYEN, MIENTRAS QUE EL LIMITE ELASTICO Y LA DUREZA AUMENTAN SENSIBLEMENTE. EL CONTENIDO DE COMPUESTO DELTA NO DEPENDE SOLAMENTE DEL CONTENIDO DE ESTAÑO, SINO TAMBIEN DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS SUFRIDOS. EN PARTICULAR, EL TEMPLE TIENE COMO EFECTO EL AUMENTO DEL PORCENTAJE DE COMPUESTO DELTA. LAS CARACTERIZTICAS MECANICAS SON PUES SUSCEPTIBLES DE VARIACIONES BASTANTE GRANDES Y LOS DATOS DE LA TABLA 8 SE DEBEN CONSIDERAR UNICAMENTE COMO ORIENTATIVOS.

PROPIEDADES MECANICAS A BAJA TEMPERATURA.

LOS DATOS DISPONIBLES ESTAN RECOGIDOS EN LA TABLA 9.

OBSERVESE QUE TODAS LAS CARACTERIZTICAS MECANICAS INCLUIDO ° EL ALARGAMIENTO PORCENTUAL, MEJORAN A BAJAS TEMPERATURAS.

PROPIEDADES MECANICAS A TEMPERATURA ELEVADA.

LAS CARACTERIZTICAS MECANICAS EMPIEZAN A DISMINUIR A PARTIR DE 200°C APROXIMADAMENTE. EL ALARSAMIENTO PASA POR UN MINIMO HACIA LOS 360-400°C. POR LO TANTO, HAY QUE EVITAR ESTE INTERVALO DE TEMPERATURAS EN EL TRABAJO EN CALIENTE. LOS ESCASOS DATOS DISPONIBLES SE RECOGEN EN LA TABLA 10.

PROPIEDADES QUIMICAS.

LOS BRONCES FOSFORADOS SON DE LAS ALEACIONES DE COBRE MAS RESISTENTES A LA CORROSION. SU RESISTENCIA A LOS DISTINTOS AGENTES QUIMICOS SE INDICA EN LA TABLA 11.

COMO TODAS LAS ALEACIONES DE COBRE, LOS BRONCES FOSFORADOS SON SENSIBLES A LA CORRSION POR LOS ACIDOS OXIDANTES, POR LAS SOLUCIONES AMONIACALES, POR EL AZUFRE Y CIERTOS COMPUESTOS SULFURADOS, POR LOS CIANUROS Y POR LAS BASES FUERTES. POR EL CONTRARIO, SU RESISTENCIA ES EXCELENTE FRENTE A LOS DISTINTOS TIPOS DE AGUA, INCLUSO LA DE MAR, ASI COMO FRENTE A MUCHOS AGENTES QUIMICOS. CON EL AIRE HUMEDO LOS BROCES FOSFORADOS SE RECUBREN DE UNA PATINA VERDE.

MAQUINADC.

LA MAQUINABILIDAD DE LOS BRONCES FOSFORADOS ES BASTANTE BAJA, COMO SE PUEDE APRECIAR EN LA SIGUIENTE LISTA. TOMANDO EL INDICE DE MAQUINABILIDAD DEL LATON DE CORTE IGUAL A.100.

BRONCES FOSFORADOS**INDICE**

<i>CuSn2</i>	20
<i>CuSn4</i>	20
<i>CuSn5</i>	20
<i>CuSn5.5</i>	20
<i>CuSn8</i>	20
<i>CuSn10</i>	20
<i>CuSn12</i>	50
<i>CuSn14</i>	50

UNION.

LOS BRONCES FOSFORADOS SE PRESTAN BIEN A LA UNION POR SOLDADURA BLANDA, SOLDADURA OXIACETILENICA, SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO DE CARBONO, SOLDADURA DE ARCO Y GAS INERTE, LOS METODOS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA Y LA SOLDADURA DE PLATA.

LAS ALEACIONES PARA SOLDADURA PUEDEN SER: COBRES CON FOSFORO, LATONES DE ALTO CONTENIDO DE COBRE O SOLDADURAS CON PLATA. ESTAS ULTIMAS DAN LOS MEJORES RESULTADOS.

CONFORMACION.

LOS BRONCES FOSFORADOS TIENEN MUY BUENA MALEABILIDAD EN FRIO; SIN EMBARGO, EL ESFUERZO NECESARIO PARA DEFORMAR EL METAL AUMENTA NOTABLEMENTE CUANDO EL CONTENIDO DE ESTAÑO SOBREPASA EL 8%. LA MALEABILIDAD EN CALIENTE ES PEQUEÑA PARA CONTENIDOS DE ESTAÑO INFERIORES A 5%; LA TEMPERATURA DE TRABAJO EN CALIENTE DISMINUYE AL AUMENTAR EL CONTENIDO DE ESTAÑO, SIENDO DE 750-875°C PARA EL *CuSn2* Y DE 650-750°C PARA EL *CuSn5*. PARA CONTENIDOS DE ESTAÑO SUPERIORES AL 5% LA MALEABILIDAD EN CALIENTE ES CASI NULA.

LOS METODOS DE FORMADO MAS CONVENIENTES PARA BRONCES FOSFORADOS HASTA UN 3% DE ESTA&O SON: PUNZONADO, ESTIRADO, DOBLADO, RECALCADO, MOLETEALO, CIZALLADO, ESTAMPADO Y ROSCADO DE RODILLOS.

LOS METODOS DE FORMADO MAS CONVENIENTES PARA BRONCES FOSFORADOS CON 8% DE ESTA&O SON: PUNZONADO, ESTIRADO, DOBLADO, CIZALLADO Y ESTAMPADO.

LOS METODOS DE FORMADO MAS CONVENIENTES PARA BRONCES FOSFORADOS CON 10% DE ESTA&O SON: PUNZONADO, DOBLADO Y CIZALLADO.

TABLA 7. PROPIEDADES FISICAS DE LOS BRONCES FERROMANG

MATERIA	UNIDAD	Cu56Z	Cu54	Cu53	Cu52	Cu50	Cu48	Cu46	Cu44 (NO HAY HOJA DE DATOS)
DENSIDAD	g/cm ³	8,9	8,85	8,85	8,80	8,80	8,80	8,80	8,7
INTERVALO DE FUSION	°C	1000-1080	950-1070	920-1060	900-1050	860-1040	830-1020	820-970	800-970
COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL (20-100°)	°C ⁻¹	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000018	0,000018
CALOR ESPECIFICO (20°C)	cal/g°	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
CONDUCTIVIDAD TERMICA (20°C)	cal/cm ² cm ² /°C	0,33-0,55	0,15-0,26	0,15-0,23	0,11-0,16	0,11-0,15	0,10-0,12	0,14	0,21
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (VOLUMEN) (20°)	10 ⁹ ohm ⁻¹ cm ⁻¹	15-20(a)	6,7-15	7,3-10	6,4-8,7	5,8-8,1	5,8-7	4,3	5
COEFICIENTE TERMICO DE LA RESISTENCIA ELECTRICA (0 A 25°C)	°C ⁻¹	0,0013-0,0029	0,0007-0,0013	0,0007-0,0029	0,0004-0,0007	0,0004-0,0007	0,0004	0,0004	0,0005
MODULO DE ELASTICIDAD (20°C)	kg/mm ²	12.500	11.200-12.700	10.800-12.400	9.000-12.500	9.000-11.400	8.400-11.500	9.500	9.200
MODULO DE ELASTICIDAD (20°C)	kg/mm ²	4.600	4.150-4.500	4.000-4.500	3.300-4.500	3.300-4.200	3.100-4.100	-	-

1a) DENTRO DEL INTERVALO DE COMPOSICION INDICADO, EL CONTENIDO DE ESTAÑO INFLUYE NOTABILMENTE SOBRE LA CONDUCTIVIDAD Y LA RESISTENCIA ELECTRICAS.

TABLA 8. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS BRONCES FOSFORADOS A TEMPERATURA AMBIENTE (OMPA Y BAKRA)

MATERIAL	UNIDAD	CuSn2	CuSn4	CuSn7	CuSn8	CuSn3	CuSn10	CuSn12	CuSn14
RESISTENCIA A LA TRACCION	Kg/cm ² R	28	31	35	37	42	44	58	25
	F	34-52	45-46	45-72	45-51	50-55	70-88	-	-
LIMITE ELASTICO	Kg/cm ² R	11	12	13	15	17	17	26	17
	F	23-50	25-55	28-62	22-76	40-82	44-85	-	-
ALARGAMIENTO	% R	41	51	55	60	65	65	15	5
	F	25-3	35-2	38-2	35-2	32-1	17-1	-	-
DUREZA BRINELL	F	60	70	72	80	85	95	95	115
	F	90-150	115-195	120-205	130-225	150-240	195-245	-	-
RESISTENCIA A LA CIZALLADURA	Kg/cm ² R	21	23	26	28	31	33	-	-

R= ESTADO RECOCIDO
F= ESTADO DE FUERZA

TABLA 9. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS BRONCES FOSFORADOS A BAJA TEMPERATURA (BARRA, ESTADO RECOCIDO Y ELIMINACION DE TENSIONES)

MATERIAL MAGNITUD	UNIDAD	TEMPERATURA DE ENSAYO °C	CuSn2	CuSn5	CuSn8
RESISTENCIA A LA TRACCION	Kg/mm ²	-173	67	90	104
		-193	72	98	110
ALARGAMIENTO	%	-73	60	80	81
		-193	70	86	82

TABLA 10. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS BRONCES FOSFORADOS A TEMPERATURA ELEVADA (BARRA, DEFORMADA EN FRIO Y ELIMINACION DE TENSIONES)

MATERIAL MAGNITUD	UNIDAD	CuSn2	CuSn5	CuSn6	CuSn8
A TEMPERATURA DE 225°C					
RESISTENCIA A LA TRACCION	Kg/mm ²	40	50	55	49
ALARGAMIENTO	%	42	50	63	45

**TABLA 11. COMPORTAMIENTO DE LOS BRONCES FOSFORADOS FRENTE A LOS
AGENTES QUIMICOS Y LAS ATMOSFERAS HABITUALES.**

ESTA TABLA SOLO SE PUEDE UTILIZAR COMO GUIA APROXIMADA PARA ELECCION INICIAL DEL MATERIAL. EL COMPORTAMIENTO A LA CORROSION ESTA INFLUIDO POR MUCHOS FACTORES; TALES COMO PEQUEÑAS VARIACIONES DE LA COMPOSICION DE LA ALEACION, CONDICIONES DE SERVICIO, TEMPERATURA, VELOCIDAD DE LOS FLUIDOS, GRADO DE TURBULENCIA, ETC. ESTOS PARAMETROS SOLO SE PUEDEN ESTABLECER MEDIANTE PRUEBAS MINUCIOSAS EN CONDICIONES SIMILARES A LAS DE SERVICIO. PARA UNA INFORMACION MAS COMPLETA SE DEBE CONSULTAR AL SUMINISTRADOR DEL MATERIAL Y LOS TRATADOS SOBRE CORROSION

A= LA ALEACION RESISTE PERFECTAMENTE A LA CORROSION EN PRESENCIA DEL AGENTE CONSIDERADO.

B= LA ALEACION RESISTE BIEN EN PRESENCIA DEL AGENTE CONSIDERADO.

C= LA ALEACION RESISTE, PERO SUFRE UNA CORROSION LENTA; PUEDE SER EMPLEADA EN CIERTOS CASOS, POR MOTIVOS ECONOMICOS.

D= LA ALEACION NO ES RECOMENDABLE EN PRESENCIA DEL AGENTE CONSIDERADO.

AGENTE AGRESIVO	ALEACION	
	CuSn5	CuSn10
ACETICO, ACIDO	B	B
ACETICO, ANHIDRIDO	B	B
ACETILENO	D	D
ACETONA	A	A
AGUA DE MAR	B	A
AGUA DE MINA	C	C
AGUA OXIGENADA	B	B
AGUA POTABLE	A	A
AGUAS SUCIAS	A	A
AGUAS NEGRAS	C	C
AGUAS SALOBRES	B	A
ALCOHOL	A	A
ALDEHIDO FURANICO	A	A
ALUMBRE	B	B
ALUMINA	A	A
ALUMINIO, CLORURO	B	B
ALUMINIO, HIDROXIDO	A	A
ALUMINIO, SULFATO	B	B
ALQUITRAN	A	A
AMILICO, ACETATO	A	A
AMILICO, ALCOHOL	A	A
AMONIACO (SECO)	A	A
AMONIACO (HUMEDO)	D	D
AMONIACO, CLORURO	D	D
AMONIACO, HIDROXIDO	D	D
AMONIACO, NITRATO	D	D

CONTINUACION TABLA 11.

AGENTE AGRESIVO	ALEACION	
	CuSn5	CuSn10
AMONIACO, SULFATO	C	C
ANILINA	C	C
ANILINA, COLORANTES	C	C
ASFALTO	A	A
ATMOSFERA INDUSTRIAL	A	A
ATMOSFERA MARINA	A	A
ATMOSFERA RURAL	A	A
AZUCAR DE CAÑA, JARABE	A	A
AZUCAR DE REMOLACHA, JARABE	A	A
AZUCAR, SOLUCIONES	A	A
AZUFRE (FUNDIDO)	D	D
AZUFRE (SECO)	B	B
AZUFRE, CLORURO (SECO)	A	A
BARIO, CARBONATO	A	A
BARIO, CLORURO	B	B
BARIO, HIDROXIDO	A	A
BARIO, SULFATO	A	A
BARIO, SULFURO	C	C
BARNICES	A	A
BARNICES, DISOLVENTES	A	A
BENCINA	A	A
BENZOL	A	A
BENZOLICO, ACIDO	A	A
BORAX	A	A
BORDELES, ACIDO	A	A
BORICO, ACIDO	A	A

CONTINUACION TABLA II.

AGENTE AGRESIVO	CuSn5	ALEACION	CuSn10
BROMO(SECO)	A		A
BROMO(HUMEDO)	B		B
BROMHIDRICO, ACIDO	C		C
BUTANO	A		A
BUTILICO, ALCOHOL	A		A
BUTIRICO, ACIDO	A		A
CAFE	A		A
CAL, CLORURO(HUMEDO)	B		B
CAL VIVA	A		A
CALCIO, BISULFURO	B		B
CALCIO, CLORURO	B		A
CALCIO, HIROXIDO	A		A
CALCIO, HIPOCLORURO	B		B
CALCIO, SULFURO	C		C
CARBONICA, AGUA	B		B
CARBONICAS, BEBIDAS	B		B
CARBONICO, ACIDO	B		B
CARBONICO, ANHIDRIDO(SECO)	A		A
CARBONO, SULFURO	B		B
CARBONO, TETRACLORURO(SECO)	A		A
CARBONO, TETRACLORURO(HUMEDO)	B		B
CERVEZA	A		A
CIANHIDRICO, ACIDO	D		D
CITRICO, ACIDO	A		A
CLORACETICO, ACIDO	B		B
CLORHIDRICO, ACIDO	C		C

CONTINUACION TABLA 11.

AGENTE AGRESIVO	ALEACION	
	CuSn5	CuSn10
COLORO (SECO)	A	A
COLORO (HUMEDO)	C	C
COLOROFORMO (SECO)	A	A
COLA	A	A
COBRE, CLORURO	C	C
COBRE, NITRATO	C	C
COBRE, SULFATO	B	B
COLOFONIA	A	A
CREOSOTA	A	A
CROMICO, ACIDO	D	D
ESTEARICO, ACIDO	B	B
ETER, ACETICO	A	A
ETERES	A	A
ETILENICO, GLICOL	A	A
ETILO, CLORURO	B	B
ETILICO, ALCOHOL	A	A
FERRICO, CLORURO	D	D
FERRICO, SULFATO	D	D
FERROSO, CLORURO	B	B
FERROSO, SULFATO	B	B
FLUORHIDRICO, ACIDO	C	C
FLUOSILICICO, ACIDO	B	B
FORMALDEHIDO	A	A
FORMICO, ACIDO	A	A
FOSFORICO, ACIDO	D	B
FREON	A	A

CONTINUACION TABLA 11.

AGENTE AGRESIVO	ALEACION	
	CuSn5	CuSn10
FRUTA, JUGOS	B	B
GAS NATURAL	A	A
GELATINA	A	A
GLICERINA	A	A
GLUCOSA	A	A
HIDROCARBUROS (Puros)	A	A
HIDROGENO	A	A
HIDROGENO, SULFURO (SECO)	A	A
HIDROGENO, SULFURO (HUMEDO)	D	D
JABON, SOLUCION	A	A
KEROGENO	A	A
LACTICO, ACIDO	A	A
LECHE	A	A
MAGNESIO, CLORURO	B	B
MAGNESIO, HIDROXIDO	A	A
MAGNESIO, SULFATO	A	A
MAIZ, ACITE DE	A	A
MERCURIO	D	D
MERCURIO, SALES	D	D
METILICO, ALCOHOL	A	A
METILO, CLORURO (SECO)	A	A
NAFTA	A	A
NITRICO, ACIDO	D	D
NITROGENO	A	A
OLEICO, ACIDO	A	A
OXALICO, ACIDO	A	A

CONTINUACION TABLA 11.

AGENTE AGRESIVO	ALEACION	
	CuSn5	CuSn10
OXIGENO	A	A
PALMITICO, ACIDO	B	B
PARAFINA	A	A
PETROLEO BRUTO	B	B
PLATA, SALES	D	D
POTASIO, ACIDO BICROMATO	D	D
POTASIO, CARBONATO	A	A
POTASIO, CIANURO	D	D
POTASIO, CLORURO	B	A
POTASIO, CROMATO	A	A
POTASIO, HIDROXIDO	B	B
POTASIO, SULFATO	A	A
PROPANO	A	A
RICINO, ACEITE	A	A
SEMILLA DE ALGODON, ACEITE DE	A	A
SEMILLA DE LINO, ACEITE DE	B	B
SIDRA	A	A
SODIO, BICARBONATO	B	B
SODIO, BICROMATO ACIDO	D	D
SODIO, BISULFATO	B	B
SODIO, BISULFITO	E	B
SODIO, CARBONATO	A	A
SODIO, CIANURO	D	D
SODIO, CLORURO	B	A
SODIO, CROMATO	A	A
SODIO, FOSFATO	A	A

CONTINUACION TABLA 11.

AGENTE AGRESIVO	ALEACION	
	CuSn5	CuSn10
SODIO, HIDROXIDO	B	B
SODIO, HIPOCLORITO	C	C
SODIO, HIPOSULFITO	C	C
SODIO, NITRATO	B	B
SODIO, PEROXIDO	C	C
SODIO, SILICATO	A	A
SODIO, SULFATO	A	A
SODIO, SULFITO	B	B
SODIO, SULFURO	C	C
SULFURICO, ACIDO	B	B
SULFURICO, ANHIDRIDO (SECO)	A	A
SULFUROSO, ACIDO	B	B
SULFUROSO, ANHIDRIDO (SECO)	A	A
SULFUROSO, ANHIDRIDO (HUMEDO)	B	B
TANICO, ACIDO	A	A
TARTARICO, ACIDO	A	A
TOLUENO	A	A
TREMENTINA	A	A
TRICLOROACETICO, ACIDO	B	B
TRICLOROETILENO (SECO)	A	A
TRICLOROETILENO (HUMEDO)	B	B
VAPOR	A	A
VINAGRE	B	B
ZINC, CLORURO	C	C
ZINC, SULFATO	B	B

CAPITULO II

PROCESOS DE OBTENCION

LA FUSION DE LOS BRONCES FOSFORADOS SE PUEDE REALIZAR EN HORNOS DE REVERBERO Y HORNOS ELECTRICOS DE ARCO DIRECTO O DE INDUCCION (ALTA O BAJA FRECUENCIA).

GENERALMENTE LA FUSION SE EFECTUA EN MEDIO LIBERAMENTE OXIDANTE Y SE TERMINA NORMALMENTE CON LA DESOXIDACION CON FOSFORO.

COMO CONSECUENCIA DEL AMPLIO INTERVALO DE SOLIDIFICACION DEL SISTEMA COBRE-ESTALO, EXISTE TENDENCIA A LA SEGREGACION DURANTE LA SOLIDIFICACION, CON FORMACION DE FASES CON CONTENIDOS VARIABLES DE ESTALO. ESTE DESAGRADABLE FENOMENO PUEDE SER COMBATIDO AUMENTANDO LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO.

DESDE ESTE PUNTO DE VISTA, LA COLADA EN COQUILLA ES MEJOR QUE LA COLADA EN ARENA. CON LA COLADA CENTRIFUGA Y LA COLADA CONTINUA SE OBTIENEN TAMBIEN RESULTADOS MUY SATISFATORIOS.

EN LO QUE SE REFIERE A LA HETERogeneIDAD HAY QUE DISTINGUIR ENTRE LA VARIACION DE COMPOSICION EN LOS DISTINTOS PUNTOS DE LAS PIEZAS Y LA VARIACION EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS. SI LA PRIMERA ES DIFICILMENTE ACEPTABLE, LA SEGUNDA PUEDE SER SUPRIMIDA FACILMENTE CON UN RECOCIDO DE HOMOGENIZACION.

LA TEMPERATURA DE COLADA DE LOS BRONCES FOSFORADOS VARIA EN FUNCION DE LA COMPOSICION, COMO SIGUE:

CuSn 2: 1120 - 1200 °C

CuSn 4: 1110 - 1180 °C

CuSn 5: 1110 - 1180 °C

CuSn 6: 1100 - 1170 °C

CuSn 8: 1090 - 1150 °C

CuSn10: 1120 - 1200 °C

CuSn12: 1120 - 1200 °C

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 2% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA FORMA SIGUIENTE PARTIENDO DESDE LA PREPARACION DE LA CARGA

1.- LAS CARGAS DEBEN TROCEARSE Y PREPARARSE ADECUADAMENTE

- LOS LINGOTES DE COBRE DEBEN PRESENTAR SUPERFICIES LISAS Y EN LA PARTE SUPERIOR UNA "PIEL DE SAPO" SIN RECHUPE NI AMPOLLAS
- LAS CHATARRAS Y RECORTES DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE LIMPIOS DE GRASAS

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTAO EN LA PROPORCION DEL 2% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

COMO DURANTE LA FUSION EL CALDO SE MUEVE, SE TIENE UNA GRAN OXIDACION, POR LO QUE SE DEBE AÑADIR CARBON DE MADERA PARA EVITAR UNA FUERTE OXIDACION.

3.- AL LLEGAR A 1170°C SE PARA EL HORNO Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE. SI SE DEJA SOBRECALENTAR EL CALDO COMIENZA A OXIDAR Y APARECE GRAN CANTIDAD DE "BABILLA" CON MERMAS IMPORTANTES DE FUSION.

4.- SE AÑADE EL FOSFURO DE COBRE AL 15% EN LA PROPORCION DESEADA (YA SEA QUE SE QUIERA ESTAR CERCA DEL 0.01% DE P O DEL 0.3% DE P) CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

SE TOMA LA PROBETA PARA EL ANALISIS ESPECTOMETRICO.

5.- SE CUELA A LA TEMPERATURA DE 1140°C

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 4% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL

BRONCE FOSFORADO AL 2% CON LAS SIGUIENTES VARIACIONES EN LOS PASOS 2, 3 Y 5.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTAÑO EN LA PROPORCION DEL 4% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA

3.- AL LLEGAR A 1150°C SE PARA EL HORNO Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE. SI SE DEJA SOBRECALENTAR EL CALDO COMIENZA A OXIDAR Y APARECE GRAN CANTIDAD DE "BABILLA" CON MERMAS IMPORTANTES DE FUSION.

5.- SE CUELA A TEMPERATURA DE 1130°

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 5% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 4% CON LA SIGUIENTE VARIACION EN EL PASO 2.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTAÑO EN LA PROPORCION DEL 5% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 6% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 4% CON LA SIGUIENTE VARIACION EN EL PASO 2.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTAÑO EN LA PROPORCION DEL 6% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 6% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 2% CON LAS SIGUIENTES VARIACIONES EN LOS PASOS

2,3 Y 5.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTABO EN LA PROPORCION DEL 8% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

3.- AL LLEGAR A 1140°C SE PARA EL HORNO Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE. SI SE DEJA SOBRECALENTAR EL CALDO COMIENZA A OXIDAR Y APARECE GRAN CANTIDAD DE "BABILLA" CON NERMAS IMPORTANTES FUSION.

5.- SE CUELA A TEMPERATURA DE 1100°C

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 10% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 2% CON LAS SIGUIENTES VARIACIONES EN LOS PASOS 2,3 Y 5.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTABO EN LA PROPORCION DEL 10% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

3.- AL LLEGAR A 1140°C SE PARA EL HORNO Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE. SI SE DEJA SOBRECALENTAR EL CALDO COMIENZA A OXIDAR Y APARECE GRAN CANTIDAD DE "BABILLA" CON NERMAS IMPORTANTES FUSION.

5.- SE CUELA A TEMPERATURA DE 1080°C

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 12% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 2% CON LAS SIGUIENTES VARIACIONES EN LOS PASOS 2,3 Y 5.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO

DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTAÑO EN LA PROPORCION DEL 12% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

3.- AL TERMINAR DE FUNDIR LA CARGA SE PARA EL HORNO Y SE DEJA ENFRIAR A 1090°C Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE. SI SE DEJA SOBRECALENTAR EL CALDO COMIENZA A OXIDAR Y APARECE GRAN CANTIDAD DE "BABILLA" CON MERMAS IMPORTANTES DE FUSION.

5. SE CUELA A TEMPERATURA DE 1050°

EL PROCESO DE OBTENCION PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 14% EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA MISMA FORMA QUE PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 2% CON LAS SIGUIENTES VARIACIONES EN LOS PASOS 2,3 Y 5.

2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTAÑO EN LA PROPORCION DEL 14% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

3.- AL TERMINAR DE FUNDIR LA CARGA SE PARA EL HORNO Y SE DEJA ENFRIAR A 1060°C Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE. SI SE DEJA SOBRECALENTAR EL CALDO COMIENZA A OXIDAR Y APARECE GRAN CANTIDAD DE "BABILLA" CON MERMAS IMPORTANTES DE FUSION.

5.- SE CUELA A TEMPERATURA DE 1030°C .

SE DEBEN TENER PRESENTE DOS HECHOS IMPORTANTES:

- SI LA PLACA O BARRA COLADA PRESENTA SIGNOS DE "SUDADO DE ESTAÑO" DE COLOR BLANCO PLATEADO, ES INDICIO CLARO DE QUE EL HIDROGENO HABIA ESTADO PRESENTE DURANTE LA SOLIDIFICACION YA QUE DURANTE LA EXPULSION DE ESTE GAS TIENDE A FORZAR HACIA LA SUPERFICIE DE LA PLACA Y BARRA AL CONSTITUYENTE RICO EN ESTAÑO, QUE ES DE BAJO PUNTO DE FUSION. POR LO TANTO, SE TENDRA QUE ELIMINAR PARTE DEL CARBON DE MADERA QUE SE HA AÑADIDO Y SI ES PRECISO COMPLETAMENTE

PARA QUE LA OXIDACION ELIMINE EL HIDROGENO.

- SE HACE HINCAPIE EN LA OXIDACION EXCESIVA DEL ESTAÑO SI SE SOBRECALIENTA EL CALDO, YA QUE SI HA SUCEDIDO ESTO AL AÑADIR EL FOSFURO DE COBRE PARA DESOXIDAR, EN VEZ DE HACERLO, FORMA UNA ESCORIA DE FOSFATO LO QUE IMPIDE LA DESOXIDACION, AUMENTA LA PERDIDA DE ESTAÑO Y PRODUCE EN LA PLACA O BARRA INCLUSIONES Y POROSIDAD.

SI EN LUGAR DE AÑADIR EL ESTAÑO PURO, UTILIZAMOS LA PREALEACION $CuSn_{20}$, EL PASO NUMERO 2 DEL PROCESO QUEDARIA COMO SIGUE:

- 2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE LA PREALEACION $CuSn_{20}$ EN LA PROPORCION DEL 2%, 4%, 5%, 6%, 8%, 10%, 12% Y 14% (DEPENDIENDO DE LA ALEACION DESEADA) CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.

CAPITULO III

PREALEACIONES BASICAS

PREALEACION BASICA FOSFURO DE COBRE.

HAY MUCHOS MATERIALES QUE SE LE PUEDEN ADICIONAR A LAS ALEACIONES DE COBRE FUNDIDAS PARA REMOVER EL OXIGENO. PERDIGONES DE UNA ALEACION DE COBRE QUE CONTIENE 15% DE FOSFURO, SE USA COMUNMENTE DEBIDO A SU EFECTIVIDAD Y BAJO COSTO (SOLO SE REQUIEREN DE 30 A 100 GRAMOS POR CADA 45 Kg DE FUNDICION).

ESTA ALEACION SE LLAMA FOSFURO DE COBRE Y ES LA QUE SE UTILIZA EN LA FABRICACION DE LOS BRONCES FOSFORADOS.

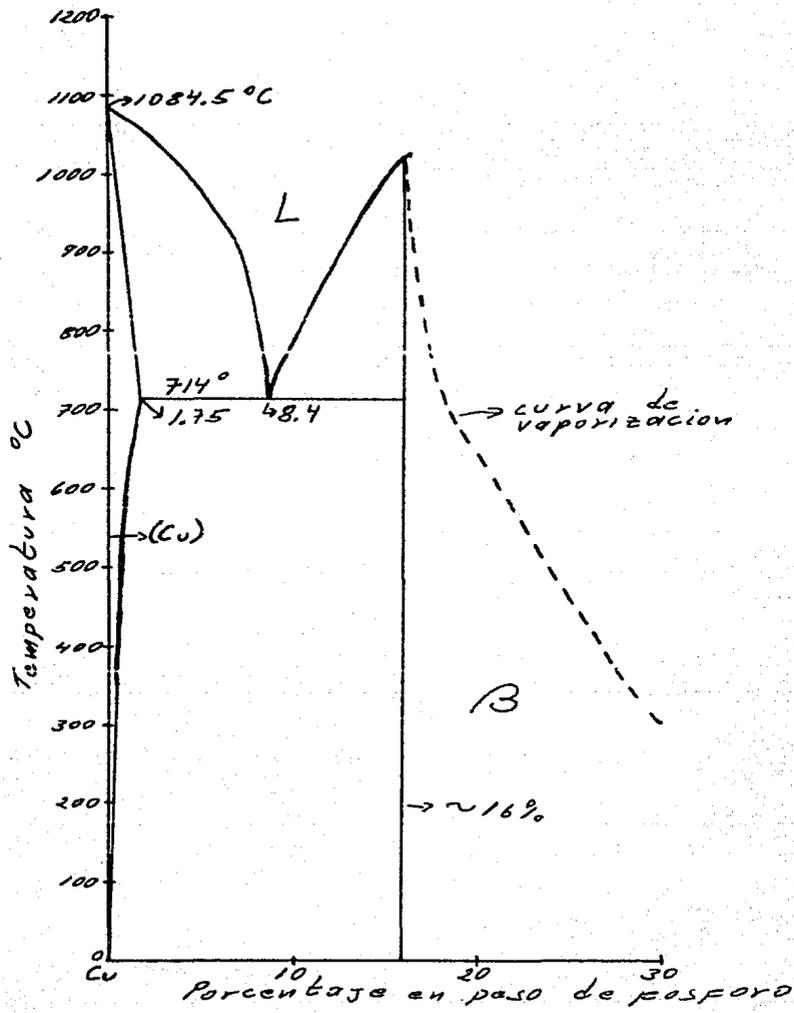
DIAGRAMA DE FASES.

EN EL DIAGRAMA DE FASE COBRE-FOSFURO PODEMOS OBSERVAR QUE HAY UNA ZONA EN LA QUE EL FOSFURO NO ES SOLUBLE EN EL COBRE, ESTA ZONA SE EXTIENDE DESDE LOS 0°C HASTA LOS 1084.5°C Y TIENE SU PARTE MAS AMPLIA A 714°C CON UN CONTENIDO DE FOSFURO DE 1.75% . A ESTA MISMA TEMPERATURA DE 714°C Y CON UN CONTENIDO DE FOSFURO DE 8.4% ESTA EL PUNTO EUTECTICO.

CON APROXIMADAMENTE UN 16% DE FOSFURO Y ENTRE 1000 Y 1100°C SE EMPIEZA A PRESENTAR UNA CURVA DE VAPORIZACION, LA CUAL SIGUE UNA TRAYECTORIA DESCENDENTE CONFORME AUMENTA EL CONTENIDO DE FOSFURO. POR LO TANTO, SI TENEMOS EL COBRE FUNDIDO Y QUEREMOS AGREGAR UN PORCENTAJE DE FOSFURO MAYOR AL 16%, TENDREMOS PERDIDAS DE FOSFURO POR VAPORIZACION.

EN LA PRACTICA NO SE FABRICAN ALEACIONES CON MAS DEL 16% DE FOSFURO PARA EVITAR ESTE DESAGRADABLE FENOMENO, COMO PUEDE VERSE EN LAS NORMAS ASTM B52 Y UNE 37-13B.

LAS ALEACIONES DE COBRE TIENEN UNA FASE BETA LA CUAL CRISTALIZA EN EL SISTEMA TRIGONAL (DE TRES ANGULOS).



NORMAS.

PARA COMPOSICIONES QUIMICAS DE PREALEACIONES BASICAS VER AL FINAL DE ESTE CAPITULO LA NORMA UNE 37-139.

SEGUN LA NORMA ASTM B52, HAY DOS ALEACIONES DE FOSFURO DE COBRE; LA ALEACION A Y LA ALEACION B LAS CUALES DEBEN CUMPLIR CON LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS PARA LA COMPOSICION QUIMICA:

	ALEACION A	ALEACION B
FOSFURO, PORCENTAJE MINIMO	11.0	10.0
FOSFURO MAS COBRE, PORCENTAJE MINIMO	99.75	99.75
HIERRO, PORCENTAJE MINIMO	0.15	0.15

LA MISMA NORMA ESPECIFICA QUE EL FABRICANTE DEBE PROPORCIONAR EL FOSFURO DE COBRE COMO LINGOTES EN LA FORMA DE TABLETAS CON MUESCAS, CON UN PESO DE 6.3 A 9.1 Kg , O EN FORMA DE PERDIGONES, U OTRA FORMA QUE SE ESPECIFIQUE EN LA ORDEN DE COMPRA.

CUANDO SE VAN A TOMAR MUESTRAS DE UN LOTE DE FOSFURO DE COBRE PARA EL ANALISIS QUIMICO, LA NORMA ESTABLECE LO SIGUIENTE:

- PARA TABLETAS DE ALEACION A, SE DEBE DE SELECCIONAR COMO MUESTRA APROXIMADAMENTE 0.45 Kg (1 lb) DE MATERIAL POR CADA 455 Kg (1000 lb) DEL LOTE. SI EL LOTE ES MENOR DE 455 Kg, NUNCA SE DEBE DE TOMAR MENOS DE 0.45 Kg. LA MUESTRA SE DEBE EXAMINAR POR SI LLEGARA A TENER MATERIALES EXTRAOS LOS CUALES DEBEN SER RENOVADOS.

LA MUESTRA DEBE TRITURARSE Y DIVIDIRSE EN CUATRO. EL CUARTO SELECCIONADO PARA EL ANALISIS DEBE REDUCIRSE A PARTICULAS DE TAMAÑO CONVENIENTE POR MEDIO DE UNA MESA QUEBRADORA. DEBE DE PASARSE UN IMAN A TRAVES DE LA MUESTRA

PARA ASEGURAR LA ELIMINACION DE HIERRO LIBRE.

- PARA TABLETAS DE ALEACION B, POR CADA 455 Kg DEL LOTE, SE DEBEN SELECCIONAR TRES TABLETAS COMO MUESTRA. SI EL LOTE ES MENOR DE 455 Kg, NO SE DEBEN DE TOMAR MENOS DE TRES TABLETAS. SE DEBEN DE HACER PERFORACIONES COMPLETAS A TRAVES DE LAS TABLETAS EN AL MENOS TRES LUGARES; DE PREFERENCIA EN EL CENTRO Y CERCA DE LOS EXTREMOS. LAS VIRUTAS SE DEBEN DE MEZCLAR Y TRITURAR.
- PARA MATERIAL EN FORMA DE PERDISIONES SE DEBE SELECCIONAR UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE 0.45 Kg. SE DEBE DE TENER CUIDADO DE TOMAR MATERIAL GRUESO Y FINO EN LA MUESTRA APROXIMADAMENTE EN LA MISMA PROPORCION EN LA QUE EXISTE EN EL LOTE. LA MUESTRA SE DEBE EXAMINAR POR SI LLEGARA A TENER MATERIALES EXTRANOS LOS CUALES DEBEN REMOVIDOS. LA MUESTRA DEBE DIVIDIRSE EN CUATRO PARTES Y EL CUARTO SELECCIONADO DEBE PASAR A TRAVES DE UN IMAN PARA ASEGURAR LA ELIMINACION DE HIERRO LIBRE.

PROCESO DE OBTENCION.

EL PROCESO DE OBTENCION DEL FOSFURO DE COBRE EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION SE REALIZA DE LA FORMA SIGUIENTE PARTIENDO DESDE LA PREPARACION DE LA CARGA:

- 1.- LAS CARGAS DEBEN TROCEARSE Y PREPARARSE ADECUADAMENTE.
 - LOS LINGOTES DE COBRE DEBEN PRESENTAR SUPERFICIES LISAS Y EN LA PARTE SUPERIOR UNA "PIEL DE SAPO" SIN RECHUFES NI AMPOLLAS.
 - LAS CHATARRAS Y LOS RECORTES DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE LIBRES DE GRASAS.
- 2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR LOS LINGOTES Y

MANTENIDO DESPUES EL RECORTE.

DEBIDO A LA GRAN OXIDACION QUE TIENE LUGAR DURANTE LA FUSION, SE DEBE AÑADIR CARBON DE MADERA PARA EVITAR UNA OXIDACION FUERTE.

3.- AL LLEGAR A LOS 1170°C SE PARA EL HORNO Y SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE.

4.- SE AÑADE EL FOSFORO EN LA PROPORCION DEL 15% CON RELACION PESO DE LA CARGA PARA PRODUCIR FOSFURO DE COBRE DE ALEACION A, Y SE AÑADE FOSFORO EN LA PROPORCION DEL 10% PARA PRODUCIR FOSFURO DE COBRE DE ALEACION B.

SE TOMA LA PROBETA PARA EL ANALISIS ESPECTROMETRICO

5.- SE CUELA A TEMPERATURA DE 1130°C.

SE DEBE TENER ESPECIAL CUIDADO EN EL MANEJO DEL FOSFORO (FOSFORO ROJO) PARA EVITAR ACCIDENTES.

ESTALACION BASICA CuSn20.

PARA DISMINUIR LAS PERDIDAS DE FUNDICION AL AGREGAR EL ESTALCO PURO AL COBRE FUNDIDO, SE UTILIZA UNA ALEACION COBRE-ESTALCO, LA CUAL CONTIENE 20% DE Sn.

LA COMPOSICION QUIMICA DE ESTA ALEACION SE DA EN LA NORMA UNE 37-138.

PROCESO DE OBTENCION.

EL PROCESO DE OBTENCION PARA LA PREALEACION CuSn20 EN HORNO ELECTRICO DE INDUCCION, SE REALIZA DE LA FORMA SIGUIENTE PARTIENDO DESDE LA PREPARACION DE LA CARGA.

- 1.- LAS CARGAS DEBEN TROCEARSE Y PREPARARSE ADECUADAMENTE.
 - LOS LINGOTES DE COBRE DEBEN PRESENTAR SUPERFICIES LISAS Y EN LA PARTE SUPERIOR UNA "PIEL DE SAPO" SIN RECHUPES NI AMPOLLAS.
 - LAS CHATARRAS Y RECORTES DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE LIMPIOS DE GRASAS.
- 2.- FUNDIR LA CARGA RAPIDAMENTE EMPEZANDO POR EL COBRE, AÑADIENDO DESPUES EL RECORTE Y FINALMENTE EL ESTALCO EN LA PROPORCION DEL 22% CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.
DURANTE LA FUSION SE AÑADE CARBON DE MADERA PARA EVITAR LA OXIDACION EXCESIVA.
- 3.- AL TERMINAR DE FUNDIR LA CARGA SE PARA EL HORNO Y SE DEJA ENFRIAR A 1000°C, SE ELIMINA EL CARBON DE MADERA QUE FLOTE.
- 4.- SE AÑADE EL FOSFURO DE COBRE AL 15% EN LA PROPORCION DEL 0.01% DE FOSFURO CON RELACION AL PESO DE LA CARGA.
SE TOMA LA PROBETA PARA EL ANALISIS ESPECTROMETRICO.
- 5.- SE CUELA A TEMPERATURA DE 950°C.

SE DEBE DE TENER PRESENTE QUE SI LA PLACA COLADA PRESENTA SIGNOS DE "SUDADO DE ESTABO" DE COLOR BLANCO PLATEADO, ES INDICIO CLARO DE QUE EL HIDROGENO HABIA ESTADO PRESENTE DURANTE LA SOLIDIFICACION. POR LO TANTO, SE TENDRA QUE ELIMINAR PARTE DEL CARBON DE MADERA QUE SE HA AÑADIDO PARA QUE LA OXIDACION ELIMINE EL HIDROGENO.

NORMA UNE 37-138.

LA NORMA SUPLENTE UNE 37-138, ESPECIFICA LA ESTRUCTURA COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA LAS PREALEACIONES BÁSICAS.

Designación		Elemento símbolo %	C + Mn media símbolo %	% Máximo de impurezas											
Número	Descripción			Pb	Sn	Zn	Fe	Al	Mn	P	C	Si	Mg	Otros	
COBRE															
C-0201	Aleación madre CuNi80	49-51	99,99	0,20	0,10	0,10	0,35		0,10			0,20	0,10		
C-0221	Aleación madre CuNi80	28-31	99,99	0,15	0,10		0,15			0,04					
C-0261	Aleación madre CuNi64	3,50-4,25	99,79				0,20	0,05					0,02	0,02	
C-0281	Aleación madre CuZn28	28-31	99,99	0,01	0,01		0,05	0,10	0,02	traza	0,02	0,03		Σ-traza As-traza	
C-0301	Aleación madre CuCe18	8-11	99,25				0,90				0,10				
C-0326	Aleación madre CuCr18	8-11	99,70	0,10	0,01		0,05	0,10	0,02		0,02	0,03			
C-0341	Aleación madre CuIn28	20-22	99,99	0,50		0,50	0,20							Sb-0,20	
C-0351	Aleación madre CuP18	8,50-16,5	99,99				0,25								
C-0382	Aleación madre CuP15	14-18	99,99				0,25								
C-0381	Aleación madre CuF6	4,75-6,25	99,99	0,20	0,10	0,10				0,04					
C-0382	Aleación madre CuFe10	9,50-11	99,99	0,30	0,10	0,20				0,04					
C-0401	Aleación madre CuIn28	28-30	99,99	0,25	0,10	0,10	1,00			0,04	0,10				
C-0402	Aleación madre CuIn38	28-31	99,25	0,25	0,10	0,10	0,25			0,04	0,10				
C-0421	Aleación madre CuNi30	28-31	99,99	0,30	0,15		0,40			0,05					
C-0422	Aleación madre CuNi80	49-51	99,70				1,00		0,30					Σ 0,30	
C-0441	Aleación madre CuFe30	28-31	99,00		0,50	0,10	0,35		0,05	0,01		0,01		Ni 1,0 Sb 0,5	
C-0461	Aleación madre CuSi10	9,80-10,8	99,00	0,25	0,20	0,10	0,50	0,10			0,10			Ca 0,10	

NORMA UNE 57-138.

LA NORMA ESPECIAL UNE 57-133, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA LAS PREALEACIONES BÁSICAS.

Designación		Elemento aleado %	Cu + Elementos aleados % máx.	% Máxima de impurezas										
Números	Simbólicas			Pb	Sn	Zn	Fe	Al	Mn	P	C	Si	Mg	Otros
C-0781	Aleación madre CuFe5	4,75-5,25	99,85	0,08	0,03	0,06					0,02			
C-0782	Aleación madre CuFe10	9,50-11	99,80	0,06	0,03	0,10					0,02			
C-0801	Aleación madre CuMn29	28-30	98,50	0,25	0,10	0,10	1,00				0,04	0,10		
C-0802	Aleación madre CuMn30	29-31	99,75	0,06	0,03	0,03	0,12				0,02	0,10		
C-0821	Aleación madre CuNi30	29-31	99,50	0,06	0,03		0,25				0,03			
C-0822	Aleación madre CuNi50	49-51	98,70				1,00		0,30					Σ 0,20
C-0841	Aleación madre CuPb30	29-31	99,50		0,20	0,10	0,20		0,05	0,01		0,01		Ni 1,00 Sb 0,05
C-0861	Aleación madre CuSe4	3,75-4,25	99,85	0,03	0,02		0,06				0,02			
C-0881	Aleación madre CuSi10	9,50-10,50	99,50	0,06	0,03	0,06	0,30	0,05			0,05			Ca 0,05
C-0882	Aleación madre CuSi15	14-16	99,40	0,06	0,03	0,06	0,35	0,10			0,05			Ca 0,10
C-0883	Aleación madre CuSi20	19-21	99,40	0,06	0,03	0,05	0,35	0,10			0,05			Ca 0,10
C-0884	Aleación madre CuSi30	29-31	99,20	0,04	0,02	0,03	0,40	0,15			0,05			Ca 0,15
C-0901	Aleación madre CuTe50	49-51	99,80	0,03	0,02		0,03			0,01				Sn 0,05 Sb 0,10

CAPITULO IV

PRINCIPALES APLICACIONES

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 2% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN NORMALMENTE EN FORMA DE BANDA Y ALAMBRE; Y SE SUMINISTRA EN FORMA DE BARRA Y TUBO CUANDO SE REQUIEREN PARA USOS ESPECIALES.

ESTOS BRONCES SE UTILIZAN PARA TORNILLOS, MUELLES PARA CONTACTOS, TUBOS PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR, EQUIPOS DE COMUNICACION, TUBOS FLEXIBLES, REMACHES Y CLAVIJAS, VARILLAS DE SOLDAR.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 4% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN NORMALMENTE EN FORMA DE BANDA, BARRA Y ALAMBRE; Y SE SUMINISTRAN EN FORMA DE CHAPA Y TUBO CUANDO SE REQUIEREN PARA USOS ESPECIALES.

ESTOS BRONCES SE UTILIZAN PARA TORNILLOS, MUELLES, CLIPS, PIEZAS DE INTERRUPTORES Y CONTACTOS, FUELLES Y MEMBRANAS, REMACHES Y CLAVIJAS, TUERCAS, HILOS PARA CEPILLOS.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 5% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN NORMALMENTE EN FORMA DE BANDA, BARRA Y ALAMBRE; Y SE SUMINISTRAN EN FORMA DE CHAPA Y TUBO CUANDO SE REQUIEREN PARA USOS ESPECIALES.

ESTOS BRONCES SE UTILIZAN PARA TUBOS PARA AGUAS ACIDAS DE MINAS, MUELLES, CLIPS, PIEZAS DE INTERRUPTORES, FUELLES Y MEMBRANAS, REMACHES Y CLAVIJAS, TUERCAS, HILOS PARA CEPILLOS, VARILLAS DE SOLDAR, ELECTRODOS PARA SOLDADURA POR ARCO, TUBOS BOURDON.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 6% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN NORMALMENTE EN FORMA DE BANDA, BARRA Y ALAMBRE; Y SE SUMINISTRAN EN FORMA DE CHAPA Y TUBO CUANDO SE REQUIEREN PARA USOS ESPECIALES.

ESTOS BRONCES SE UTILIZAN PARA MUELLES DE TODA CLASE, CLIPS, PIEZAS DE INTERRUPTORES, TUBOS BOURDON, MEMBRANAS, HILOS PARA CEPILLOS, TELAS METALICAS, PIRONES, FORROS PARA ENGRANAJES Y MANGUITOS, VARILLAS DE SOLDAR Y ELECTRODOS PARA SOLDADURA POR ARCO.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 8% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN NORMALMENTE EN

FORMA DE ZANDA, BARRA Y ALAMBRE; Y SE SUMINISTRAN EN FORMA DE CHAPA Y TUBO CUANDO SE REQUIEREN PARA USOS ESPECIALES.

ESTOS BRONCES SE UTILIZAN PARA MUELLES DE TODA CLASE, CLIPS, COJINETES, ANILLOS GUIA, PIEZAS DE INTERRUPTORES, MEMBRANAS, HILOS PARA CEPILLOS, TUBOS BOURDON, PIVONES, FORROS PARA ENGRANAJES Y MANGUITOS, ORGANOS DE DESLIZAMIENTO, TELAS METALICAS Y PIEZAS PARA LA INDUSTRIA QUIMICA.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 10% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN NORMALMENTE EN FORMA DE BANDA Y ALAMBRE; Y SE SUMINISTRAN EN FORMA DE CHAPA, BARRA Y TUBO CUANDO SE REQUIEREN PARA USOS ESPECIALES. ESTOS BRONCES SE UTILIZAN PARA PIEZAS PARA LA INDUSTRIA DEL PAPEL, PLACAS Y BARRAS GRUESAS SOMETIDAS A GRANDES ESFUERZOS DE COMPRESION, CON BUENA RESISTENCIA AL DESGASTE Y A LA CORROSION, PLACAS DE DILATACION Y ACCESORIOS.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 12% ESTAÑO SE SUMINISTRAN EN FORMA DE LINGOTES Y SE UTILIZAN PARA PIEZAS MOLDEADAS.

LOS BRONCES FOSFORADOS AL 14% DE ESTAÑO SE SUMINISTRAN EN FORMA DE LINGOTES Y SE UTILIZAN PARA ENGRANES DE ALTA CALIDAD E IMPULSORES DE TURBINA.

CAPITULO V

NORMA W-6 1981.

LA NORMA MEXICANA W-6 1981, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA LOS BRONCES FOSFORADOS.

TIPO	GRADO DE CALIDAD	COPPER COPPER	ANTHRA ANTHRA	LEAD LEAD	ZINC
	A-1	92	8	-----	-----
	A-2	90	10	-----	-----
A	A-3	88	12	-----	-----
	A-4	84	14	-----	-----
	A-5	80	20	-----	-----

NORMA UNE 37-113.

LA NORMA ESPAOLA UNE 37-113, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA PERFILES MACIZOS, FORJADOS Y ESTIPADOS DE BRONCES FOSFORADOS.

NOMBRE	COMPOSICION %			IMPUREZAS MAXIMAS %		
	Cu	Sn	P	Fe	Pb	Zn
CUSTAN 10	89-91	9-11	0.03-0.35	0.1	0.05	0.2
CUSTAN 8	91-93	7-9	0.03-0.35	0.1	0.05	0.2
CUSTAN 5	94-96	4-6	0.03-0.35	0.1	0.05	0.3
CUSTAN 2	97.5-98.5	1.5-2.5	MAX 0.015	0.1	0.05	0.3

NORMA UNE 37-106.

LA NORMA ESPAÑOLA UNE 37-106, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA CHAPAS Y BARRAS DE BRONCES FOSFORADOS.

NOMBRE	COMPOSICION %			IMPUREZAS O ABICIONES MAXIMAS		
	Cu	Sn	P	%		
CUSTOM 10	89-91	9-11	0.03-0.25	Fe-0.1	Pb-0.05	Zn-0.2
CUSTOM 7	92.5-93	7-7.5	max 0.15	Fe-0.1	Pb-0.05	Zn-0.2
CUSTOM 5	93.5-94.5	5.3-5.5	0.03-0.3	Fe-0.1	Pb-0.05	Zn-0.3
CUSTOM 2	97.5-98.5	1.5-2.5	0.015	Fe-0.1	Pb-0.05	Zn-0.3

NORMA UNE 37-103.

LA NORMA ESPAÑOLA UNE 37-103, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA LOS BRONCES FOSFORADOS PARA FORJA.

DESIGNACION		CONSTITUYENTES PRINCIPALES %					IMPUREZAS MAXIMAS %				
NUMERICA	SIMBOLICA	Sn		P		Cu	Pb	Fe	Zn	Mn	TOTAL
		MIN	MAX	MIN	MAX						
C-7110	CuSn2P	1.0	2.5	0.01	0.4	R	0.05	0.1	0.3	0.3	2.5
C-7120	CuSn4P	3.0	4.5	0.01	0.4	E	0.05	0.1	0.3	0.3	0.3
C-7130	CuSn6P	4.5	5.5	0.01	0.4	S	0.05	0.1	0.3	0.3	0.3
C-7140	CuSn6P	5.5	7.5	0.01	0.4	T	0.05	0.1	0.3	0.3	0.3
C-7150	CuSn8P	7.5	9.0	0.01	0.4	O	0.05	0.1	0.3	0.3	0.3
C-7160	CuSn10P	9.0	11.0	0.1	0.4		0.05	0.1	0.3	0.3	0.3

NORMA NF A51-108.

LA NORMA FRANCESA NF A51-108, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA LOS PRODUCTOS LAMINADOS DE BRONCES FOSFORADOS.

DESIGNACION	Sa %	Pb %	P % MAX	Cu %	Ca %	Fe %	TOTAL MAXIMO DE IMPUREZAS %
CuSn4P	3-5	0.1	0.35	RESTO	0.5	0.1	0.3
CuSn6P	5-7.5	0.1	0.35	RESTO	0.5	0.1	0.3
CuSn9P	7.5-10	0.1	0.35	RESTO	0.5	0.1	0.3

NORMA NF A51-111.

LA NORMA FRANCESA NF A51-111, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA ALAMBRES DE BRONCES FOSFORADOS.

DESIGNACION	COMPOSICION QUIMICA EN PORCENTAJE							
	Sa	P	Cu	IMPUREZAS MAXIMAS				TOTAL MAXIMO DE IMPUREZAS
				Fe	Ni	Pb	Zn	
CuSn4P	3.0-5.5	0.1-0.4	RESTO	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3
CuSn4P	5.5-7.5	0.1-0.4	RESTO	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3
CuSn4P	7.5-9.0	0.1-0.4	RESTO	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3

NORMA ISO 427.

LA NORMA ISO 427, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA LOS BRONCES FOSFORADOS PARA FRIO.

DESIGNACION	ELEMENTO	Cu	COMPOSICION QUIMICA EN PORCENTAJE						DENSIDAD PROMEDIO kg/dm ³
			Fe	Mn	P	Pb	Sn	Zn	
CuSn2	MIN		--	--	0.01	--	1.0	--	8.7
	MAX	RESTO	0.1	0.3	0.3	0.05	2.5	0.3	
CuSn4	MIN		--	--	0.01	--	3.5	--	8.7
	MAX	RESTO	0.1	0.3	0.4	0.05	4.5	0.3	
CuSn5	MIN		--	--	0.01	--	4.5	--	8.7
	MAX	RESTO	0.1	0.3	0.4	0.05	5.5	0.3	
CuSn6	MIN		--	--	0.01	--	5.5	--	8.8
	MAX	RESTO	0.1	0.3	0.4	0.05	7.5	0.3	
	MIN		--	--	0.01	--	7.5	--	

NORMA ICONTEC 1575.

LA NORMA COLOMBIANA ICONTEC 1575, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA LOS BRONCES FOSFORADOS.

DESIGNACION	COMPOSICION		QUIMICA		EN	% IMPUREZAS MAXIMAS			DENSIDAD PROMEDIO Kg/dm ³	
	Sn	P	Cu	Fe		Ni	Pb	Zn		TOTAL
CuSn2	1.0-2.5	0.01-0.3	R	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3	8.90	
CuSn4	3.0-5.5	0.01-0.4	E	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3	8.85	
CuSn6	5.5-7.5	0.01-0.4	S	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3	8.80	
CuSn8	7.5-9.0	0.01-0.4	Y	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3	8.80	
CuSn10	9.0-11.0	0.01-0.4	0	0.1	0.3	0.05	0.3	0.3	8.80	

NORMA COPANT 422.

LA NORMA PANAMERICANA COPANT 422, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA BARRAS, SOLERAS Y PERFILES DE BRONCES FOSFORADOS.

DESIGNACION COPANT	SIGLA	COMPOSICION QUIMICA (S)						TOTAL	
		COBRE Y ELEMENTOS DE ADICION PRINCIPALES			IMPUREZAS (MAXIMO)				
		Cu+Ag	Sn	P	Fe	Pb	Zn		
COBRE ESTADO 94-6 FOSFORO	CuSn6P	E L	4.2-6.5	0.03-0.35		0.1	0.05	0.3	0.5
COBRE ESTADO 92-8 FOSFORO	CuSn8P	R E M E N T E	7.0-9.0	0.03-0.35		0.1	0.05	0.2	0.5
COBRE ESTADO 99-10 FOSFORO	CuSn10P	T E	9.0-11.0	0.03-0.35		0.1	0.05	0.2	0.5

NORMA COPANT 424.

LA NORMA PANAMERICANA COPANT 424, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA ALAMBRES DE SECCION CIRCULAR Y ALAMBRES PLANOS DE BRONCES FOSFORADOS.

DESIGNACION	SIGLA	COMPOSICION QUIMICA (%)				IMPUREZAS MAXIMAS		
		COBRE Y ELEMENTOS DE ADICION PRINCIPALES				Pb	Fe	Zn
		Cu	Sn	P	Catarrif			
COBRE ESTANO 95-5 FOSFORO	CuSn5P	E L	4.2-5.8	0.03-0.35	99.5	0.1	0.03	0.3
COBRE ESTANO 92-8 FOSFORO	CuSn8P	R E R A N E N T	7.0-9.0	0.03-0.35	99.5	0.1	0.03	0.2
COBRE ESTANO 90-10 FOSFORO	CuSn10P	T E	9.0-11.0	0.03-0.35	99.5	0.1	0.05	0.2

NORMAS ASTM B103, B139 Y B159.

LAS NORMAS ESTADOUNIDENSES ASTM B130, B139 Y B159; ESPECIFICAN LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA LAMINAS, LIMBOTES Y PLACAS (B103); PARA VARILLAS, BARRAS Y PERFILES (B139); Y PARA ALAMBRE (B159); DE BRONCES FORJADOS.

DESIGNACION	COMPOSICION QUIMICA			%		
	CONSTITUYENTES Co	PRINCIPALES Sn	P	IMPUREZAS Pb	MAXIMAS Fe	Zn
ALEACION A 53Sn-58n	E L	3.5-5.8	0.03-0.35	0.05	0.1	0.3
ALEACION C 92Cu-85n	R E N A N E R T E	7-9	0.03-0.35	0.05	0.1	0.2
ALEACION D 90Cu-10Sn		9-11	0.03-0.35	0.05	0.1	0.2

NORMA ASTM B105.

LA NORMA ESTADOUNIDENSE ASTM B105, ESPECIFICA LA SIGUIENTE COMPOSICION QUIMICA PARA EL BRONCE FOSFORADO AL 1.25% DE Sn EN GRADO COMERCIAL.

COMPOSICION QUIMICA EN PORCENTAJE

DESIGNACION	Cu	Sn	P
ALEACION E 99.75Cu-1.25Sn	99.5 MIN	1-1.5	SOLO TRAZAS

CAPITULO VI

SITUACION DE LA PRODUCCION DE ESTAS ALEACIONES EN MEXICO

(DATOS ESTADISTICOS)

NO HAY ESTADISTICAS DE PRODUCCION DE ESTAS ALEACIONES, DEBIDO A QUE LAS EMPRESAS NO FACILITAN NINGUN TIPO DE INFORMACION. Y LAS ESTADISTICAS QUE PROPORCIONAN A LA SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO SON MUY GENERALES Y NO HABLAN SOBRE ESTAS ALEACIONES. SEGUN ESTIMACIONES DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE FUNDIDORES, EL 90% DE LA PRODUCCION DE ESTAS ALEACIONES LA TIENE NACIONAL DE COBRE Y EL RESTO SE REPARTE ENTRE LAS DEMAS EMPRESAS

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

CUANDO SE VA A SELECCIONAR UNA ALEACION DE COBRE, SE DEBE BUSCAR LA QUE TENGA LA MEJOR COMBINACION DE PROPIEDADES FISICAS, MECANICAS Y A LA CORROSION PARA QUE CUMPLA SATISFACTORIAMENTE CON LA APLICACION DESEADA.

DE LAS ALEACIONES DE COBRE, ESTAS SON DE LAS QUE SIEMPRE SE DEBEN DE TENER EN CUENTA CUANDO SE NECESITA COMBINAR UNA BUENA RESISTENCIA A LA CORROSION, AL DESGASTE Y BUENAS PROPIEDADES MECANICAS. Y SI ADEMAS EL FACTOR ECONOMICO NO ES UNA PRIORIDAD, PUESTO QUE TAMBIEN SON DE LAS ALEACIONES MAS COSTOSAS DEBIDO A QUE EL ESTADNO ES UN ELEMENTO COSTOSO Y QUE ADEMAS NO SE PRODUCE EN MEXICO.

BASANDONOS EN LA NORMA MEXICANA W-6-1981, PODEMOS DECIR QUE EN MEXICO NO SE FABRICAN BRONCES FOSFORADOS CON MENOS DE 8% DE Sn Y QUE SUS USOS MAS CORRIENTES SON COJINETES, ANILLOS GUIA E IMPULSORES PARA TURBINA. ESTO TALVEZ SEA ERRONEO, PERO LA NORMA W-6 PARECE SER LA UNICA NORMA MEXICANA PARA ESTOS BRONCES Y ADEMAS LA INDUSTRIA DE LA FUNDICION DE METALES NO FERROSOS ES UNA INDUSTRIA MUY CERRADA, LA CUAL NO DA NINGUN TIPO DE INFORMACION Y NO PERMITE VISITAS A ESTUDIANTES, AUNQUE VAYAN POR PARTE DE INSTITUCIONES DE EDUCACION SUPERIOR (EN ESTE CASO LA FACULTAD DE INGENIERIA). LO CUAL HACE QUE LAS INVESTIACIONES QUE REALIZAN LOS ESTUDIANTES SOBRE EL PROCESO DE FABRICACION DE ALEACIONES NO FERROSAS SEAN TOTALMENTE TEORICAS Y QUE NO SE PUEDA REFLEJAR LA REALIDAD DE ESTA INDUSTRIA EN MEXICO. LO UNICO QUE SE PUEDE DECIR Y SIN GENERALIZAR ES QUE, LAS PEQUEÑAS INDUSTRIAS DE ESTE RAMO NO TIENEN CONTROLES DE CALIDAD, TRABAJAN CON HORNOS DE REVERBERO Y LO UNICO QUE HACEN ES ADICIONAR MAS FOSFORO A LOS BRONCES.

POR OTRO LADO, ES ERRONEO LLAMAR A ESTAS ALEACIONES BRONCES

FOSFORADOS, YA QUE EL PORCENTAJE DE FOSFORO ES RESIDUAL, POR LO QUE DEBERIAN DE LLAMARSE BRONCES QUE ES LO CORRECTO; PERO COMO EN LA ACTUALIDAD HAY MUCHAS ALEACIONES DE COBRE QUE CONTIENEN ALUMINIO, SILICIO, MANGANESO, ETC, EN VEZ DE ESTAS Y TAMBIEN SE LES LLAMA BRONCES, ENTONCES SE LES DEBE DE LLAMAR BRONCES AL ESTAO.

POR LO QUE RESPECTA A LA PREALEACION FOSFURO DE COBRE, SE TIENE EL MISMO PROBLEMA QUE CON LOS BRONCES, NO SE CONOCE EL PROCESO DE FABRICACION QUE SE UTILIZA EN MEXICO Y ADEMAS NO HAY UNA NORMA MEXICANA PARA ESTA ALEACION. LO UNICO QUE SE PUEDE DECIR ES QUE, LA UNICA EMPRESA QUE LO FABRICA EN MEXICO POR EL MOMENTO ES LINGOBRONCE.

EN CUANTO A LA PREALEACION CUSINZO, NO SE SABE SI SE UTILIZA ALGO PARECIDO EN MEXICO, YA QUE ESTA PREALEACION SE ENCUENTRA EN UNA NOPIA EXTRANJERA.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- * LA METALURGIE
LE THOMAS P.J.
EDITIONS DU SEVIL-PARIS
- * LA CIENCIA EN LA HISTORIA DE MEXICO
DE GORTGARI, ELI
EDITORIAL GRIJALBO, S.A.
- * CONTRIBUCION A LETUDE DE LA METALLURGIE MEXICAINE
ARSANDAUX, H. Y RIVET, PAUL
JOURNAL DE LA SOCIETES AMERICANISTES-PARIS
- * LAS ANTIGUAS CULTURAS MEXICANAS
KRICKERBERG, WALTER.
FONDO DE CULTURA ECONOMICA 1961
- * CONTRIBUCION DE LAS CULTURAS INDIGENAS EN MEXICO A LA CULTURA
MUNDIAL
CASO, ALFONSO
MEXICO Y LA CULTURA
- * LOS LIMITES DEL CRECIMIENTO
MEADOLUS, D.H.; MEADOLUS, D.L. RANDERS, J.; BENRENS III, W.W.
FONDO DE CULTURA ECONOMICA
- * FUSION DEL COBRE Y SUS ALEACIONES
ELUSTONDO, JAVIER (PROFESOR DE METALURGIA DE LA ETS DE INGENIEROS
INDUSTRIALES DE BILBAO)
ASOCIACION NACIONAL DEL COBRE
- * EL COBRE Y SUS ALEACIONES EN LA TECNOLOGIA
C.I.D.E.C. GINEBRA SUIZA
CENTRO ESPAÑOL DE INFORMACION DEL COBRE
- * INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA
SIDNEY H. AUNER
McGRAW HILL 1980
- * MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECANICO VOL. 1
THEODORE BAUMISTER, EUGENE AVALLONES Y THEODORE BAUMISTER III
McGRAW HILL
- * METALS HANDBOOK VOL. 1
PAGS. 960-966 Y PAGS. 993-986
ASTM
- * METALS HANDBOOK VOL. 2
PAGS. 284-285
ASTM
- * METALS HANDBOOK VOL. 5
PAG. 422
ASTM

- * METALS HANDBOOK VOL. 7
PAGS. 246, 247 Y 292
ASTM
- * ASTM SPECIFICATIONS 1974
PAGS. 55-56
- * INGENIERIA METALURGICA
REINHARDT SCHUMMANN, JR.
CECSA
- * DICCIONARIO ENCICLOPEDICO GUILLET TOMO III
PAG. 585
EDITORIAL ARGENTINA ARISTIDES GUILLET
- * PROCESOS BASICOS DE MANUFACTURA
H.C KAZANAS, GLENN E. BAKER Y THOMAS G. GREGOR
MCGRAW HILL
- * EL FOSFORO
J.G. HARDEST Y L.B. HEIN
- * MANUAL DE MATERIALES
BRADY S. GEORGE
- * LAROUSSE CIENTIFICO
EDICIONES LAROUSSE
- * LOS RECURSOS MINERALES DE MEXICO (1969)
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES