

81

Director del capítulo
N. A. Smith

Sumario

Perfil general <i>N. A. Smith</i>	81.2
Fabricación de acumuladores de plomo <i>Barry P. Kelley</i>	81.2
Pilas y baterías <i>N. A. Smith</i>	81.4
Fabricación de cables eléctricos <i>David A. O'Malley</i>	81.8
Fabricación de lámparas eléctricas <i>Albert M. Żelinski</i>	81.11
Fabricación de aparatos electrodomésticos <i>N. A. Smith y W. Klost</i>	81.14
Cuestiones ambientales y de salud pública <i>N. A. Smith</i>	81.16

● PERFIL GENERAL

N. A. Smith

Visión general del sector

Los equipos eléctricos comprenden muy diversos tipos de aparatos. Sería imposible ofrecer información sobre cada uno de ellos, por lo que en este capítulo sólo se tratan ciertos productos de algunas de las principales industrias. En la fabricación de los equipos intervienen muchos procesos. En este capítulo se explican los posibles riesgos a los que se exponen las personas que trabajan en la fabricación de baterías, pilas, lámparas y cables eléctricos, y electrodomésticos en general. El capítulo se ocupa sobre todo de los equipos eléctricos, ya que los electrónicos se estudian más a fondo en el capítulo titulado “*Microelectrónica y semiconductores*”.

Evolución de la industria

El innovador descubrimiento de la inducción electromagnética contribuyó al desarrollo de la vasta industria eléctrica actual. El descubrimiento del efecto electroquímico dio lugar al desarrollo de las baterías como fuentes portátiles de alimentación de equipos eléctricos utilizando sistemas de corriente continua. Cuando se inventaron aparatos que recibían la alimentación eléctrica de una red, se hizo necesario un sistema de transmisión y distribución de electricidad, lo que dio lugar a la introducción de los conductores eléctricos flexibles (cables).

Las primeras formas de iluminación artificial (es decir, la iluminación de gas y de arco con electrodos de carbono) fueron sustituidas por la lámpara de filamento (en la lámpara exhibida en Inglaterra por Joseph Swan en enero de 1879, el filamento era de carbono). La lámpara de filamento había de disfrutar de un monopolio sin precedentes en aplicaciones domésticas, comerciales e industriales hasta el estallido de la Segunda Guerra Mundial, momento en el que se introdujo la lámpara fluorescente. Con posterioridad se han desarrollado otras formas de iluminación por descarga (basadas todas ellas en el paso de una corriente eléctrica a través de un gas o un vapor), con muy diversas aplicaciones comerciales e industriales.

El abanico de aparatos eléctricos que se desarrollan en muchos campos (p. ej., en aplicaciones audiovisuales, de calefacción, cocina y refrigeración) aumenta de manera constante. Basta citar como ejemplo la introducción de la televisión por satélite y el horno de microondas.

Aunque la disponibilidad y accesibilidad de las materias primas ha tenido un efecto importante en la evolución de las industrias, la ubicación de éstas no ha estado necesariamente determinada por la situación de aquéllas. Las materias primas suelen ser transformadas por terceros antes de su utilización en el montaje de aparatos y equipos eléctricos.

Características de los trabajadores

La cualificación y los conocimientos prácticos que poseen quienes trabajan en este sector en la actualidad son diferentes de los que poseían los trabajadores hace años. Los equipos utilizados en la producción y fabricación de baterías, pilas, cables, lámparas y aparatos electrodomésticos están muy automatizados.

En muchos casos, pues, estos trabajadores requieren formación especializada para poder realizar su labor. El trabajo en equipo es un factor importante en este sector, ya que muchas operaciones responden a un sistema de producción en cadena, donde el trabajo de cada persona depende del trabajo de las demás.

Cada vez son más los procesos de fabricación de aparatos eléctricos que están informatizados de uno u otro modo. Por

consiguiente, es necesario que el trabajador esté familiarizado con las técnicas informáticas, lo cual tal vez no plantee problema alguno a los más jóvenes, pero es posible que los de más edad no hayan trabajado nunca con ordenadores y requieran un reciclaje.

Importancia económica de este sector

La industria de aparatos y equipos eléctricos beneficia a unos países más que otros: es importante desde el punto de vista económico para los países donde se obtienen las materias primas y para aquellos en los que se montan y/o fabrican los productos finales. Estas dos operaciones tienen lugar en países muy diferentes.

Las materias primas no son infinitas. Los equipos desechados deben reutilizarse siempre que sea posible. Ahora bien, los costes que ocasiona la recuperación de la piezas reutilizables de los equipos desechados pueden resultar prohibitivos.

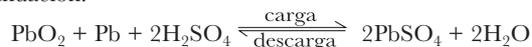
FABRICACION DE ACUMULADORES DE PLOMO ●

Barry P. Kelley

La primera batería viable a base de plomo-ácido fue diseñada por Gaston Planté en 1860 y su fabricación ha ido aumentando constantemente desde entonces. Es en las baterías de automoción donde más se utiliza esta tecnología, seguidas de las baterías industriales (energía auxiliar y tracción). Más de la mitad de la producción mundial de plomo se destina a la fabricación de baterías.

Es probable que la demanda de baterías de plomo-ácido continúe en el futuro gracias a su bajo coste y a la sencillez de estos sistemas en comparación con otros pares electroquímicos.

Este tipo de batería, también conocido por el nombre de “acumulador de plomo”, tiene un electrodo positivo de peróxido de plomo (PbO₂) y un electrodo negativo de plomo esponjoso (Pb) de amplia superficie. El electrolito es una disolución de ácido sulfúrico con una densidad relativa de entre 1,21 y 1,30 (28 a 39 % del peso). En el momento de la descarga, ambos electrodos se convierten en sulfato de plomo, como se demuestra a continuación:



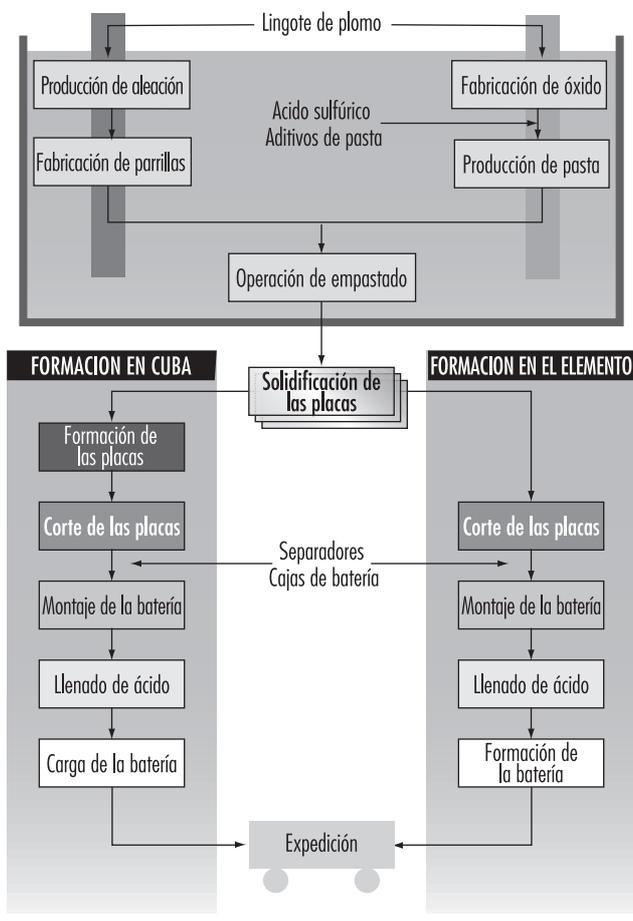
Proceso de fabricación

A continuación se describe el proceso de fabricación, ilustrado en el diagrama de flujos de la Figura 81.1).

Fabricación del óxido: existen dos métodos de fabricar óxido de plomo a partir de lingotes (masas de plomo obtenidas en hornos de fundición): la vasija de Barton y el proceso de trituración. En el primero, se hace pasar aire sobre el plomo fundido para producir una fina corriente de gotitas de plomo. Estas reaccionan con el oxígeno del aire y forman el óxido, que consta de un núcleo de plomo revestido de óxido de plomo (PbO).

En el proceso de trituración, se introduce el plomo sólido (cuyo tamaño varía de pequeñas bolitas hasta lingotes completos) en un molinillo giratorio. El movimiento del tambor genera calor, con lo que la superficie del plomo se oxida. Además, el movimiento de las partículas en el interior del tambor, hace que las capas superficiales de óxido vayan cayendo y dejando más plomo expuesto a la oxidación. La corriente de aire lleva el polvo a una bolsa filtrante, donde queda recogido.

Figura 81.1 • Proceso de fabricación de acumuladores de plomo.



Fabricación de parrillas: las parrillas se fabrican principalmente por moldeo (tanto manual como automático) o bien, sobre todo en el caso de las baterías de automoción, por expansión a partir de una aleación de plomo de forja o fundición.

Empastado: la pasta de la batería se elabora mezclando el óxido con agua, ácido sulfúrico y varios aditivos especiales. Después se introduce a presión por los intersticios de la parrilla por medios mecánicos o manuales, y las placas obtenidas suelen secarse al instante por evaporación en un horno de alta temperatura.

Las placas obtenidas por empastado se curan en hornos bajo condiciones de temperatura, humedad y tiempo perfectamente controladas. El plomo libre presente en la pasta se convierte en óxido de plomo.

Formación eléctrica, corte y montaje de las placas: son dos los procesos de formación eléctrica a los que se someten las placas de las baterías: la formación en cuba y la formación en el elemento. En el primero de ellos, las placas se introducen en grandes baños de ácido sulfúrico diluido y se pasa una corriente continua para formar las placas positivas y negativas. Una vez secas, las placas se cortan y se montan, separadas por tabiques, en la caja de la batería. Las placas de igual polaridad se conectan soldando sus orejetas.

En el segundo proceso, las placas se forman eléctricamente dentro de los elementos acumuladores ya montados en la caja de la batería.

Riesgos para la salud en el trabajo y controles

Plomo

El plomo es el principal riesgo para la salud asociado a la fabricación de baterías. La principal vía de exposición es la inhalación, pero la ingestión también plantea problemas si no se presta atención suficiente a la higiene personal. En todas las fases de la producción hay posibilidad de exposición.

La fabricación de óxido de plomo puede ser muy peligrosa. Las exposiciones se controlan automatizando el proceso, apartando así a los trabajadores del riesgo. En muchas fábricas, el proceso lo lleva a cabo una sola persona.

En el moldeo de parrillas, la exposición a los humos de plomo se minimiza con ventilación aspirante local (VAL) y con el control termostático de los tanques de plomo (las emisiones de humos de plomo aumentan bastante por encima de los 500 °C). La escoria plumbosa que se forma sobre el plomo fundido también puede causar problemas, ya que contiene una gran cantidad de polvo muy fino y es preciso tener gran cuidado al eliminarla.

Las zonas de empastado son lugares donde tradicionalmente existe una alta exposición al plomo. El método de fabricación suele dar lugar a que las máquinas, suelos, delantales y botas reciban salpicaduras de fangos de plomo. Estas salpicaduras se secan y producen polvo de plomo que queda en suspensión en el aire. Como método de control, se mantienen los suelos permanentemente mojados y se friegan a menudo los delantales.

La exposición al plomo en otros departamentos (formación eléctrica, corte de placas y montaje) es consecuencia de la manipulación de placas secas y polvorizadas, y se reduce al mínimo por medio de sistemas de VAL y con el uso apropiado de equipos de protección individual.

Muchos países tienen leyes que limitan el grado de exposición en el trabajo y existen normas numéricas de niveles de plomo en aire y de plomo en sangre.

Por lo común se emplea a un profesional de la salud en el trabajo para tomar muestras de sangre a los trabajadores expuestos. La periodicidad de los análisis puede ser anual para los trabajadores de bajo riesgo y trimestral para quienes trabajan en departamentos de alto riesgo (p. ej., empastado). Si el nivel de plomo en sangre de un trabajador supera el límite legalmente establecido, será preciso apartarlo de cualquier exposición hasta que el nivel disminuya y alcance un valor aceptable para el asesor médico.

La toma de muestras de aire es complementaria a los análisis de sangre. Es preferible el muestreo personal que el estático. Debido a la variabilidad inherente a los resultados, suele ser necesario tomar un gran número de muestras de plomo en aire. Utilizando procedimientos estadísticos correctos en el análisis, los datos obtenidos ofrecen información sobre posibles fuentes de plomo y constituyen una base a partir de la cual realizar mejoras en el diseño técnico. Es posible utilizar muestreos de aire periódicos a fin de evaluar la eficacia continuada de los sistemas de control.

Las concentraciones admisibles de plomo en aire y en sangre varían según el país, y en la actualidad oscilan entre 0,05 y 0,20 mg/m³ y entre 50 y 80 mg/dl respectivamente. La tendencia a la baja de estos límites es constante.

Además de los controles técnicos normales, son necesarias otras medidas para minimizar las exposiciones al plomo. En ninguna zona de producción deberá permitirse comer, fumar, beber ni mascar chicle.

Deberán existir instalaciones adecuadas donde los trabajadores se laven y se cambien, guardando la ropa de trabajo separada de la ropa y el calzado personales. Las duchas y los lavabos deberán estar ubicados entre las zonas limpias y sucias.

Acido sulfúrico

Durante el proceso de formación eléctrica, el material activo de las placas se convierte en PbO_2 en el electrodo positivo y en Pb en el negativo. A medida que las placas van cargándose totalmente, la corriente de formación comienza a disociar el agua del electrólito en hidrógeno y oxígeno:

Positivo: $\text{H}_2\text{O} - 2\text{H}^+ + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^-$

Negativo: $\frac{2\text{H}^+ + 2\text{e}^- - \text{H}_2}{\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2}$

El desprendimiento de gases genera una niebla de ácido sulfúrico. En otra época, era corriente que los trabajadores de las zonas de formación sufriesen erosión dental. Las empresas fabricantes de baterías han empleado tradicionalmente los servicios de un dentista y muchas de ellas continúan haciéndolo.

En estudios recientes (IARC 1992) se ha observado una posible relación entre las exposiciones a las nieblas de ácidos inorgánicos (incluido el ácido sulfúrico) y el cáncer de laringe. Las investigaciones en este sentido continúan.

La norma establecida de exposición laboral a la niebla de ácido sulfúrico en el Reino Unido es de 1 mg/m^3 . Es posible mantener la exposición por debajo de este nivel instalando sistemas de VAL sobre los circuitos donde se forma.

La exposición al corrosivo ácido sulfúrico líquido es también motivo de preocupación. Como precauciones cabe citar los equipos de protección individual, los surtidores de lavado ocular y las duchas de emergencia.

Talco

El talco se utiliza en ciertas operaciones de moldeo manual como agente de desmoldeo. La exposición prolongada al polvo de talco puede provocar neumoconiosis, y es importante controlarlo con ventilación adecuada y medidas de control de proceso.

Fibras minerales artificiales (FMA)

En los acumuladores de plomo se utilizan tabiques para aislar eléctricamente las placas positivas de las negativas. A lo largo de los años se han venido utilizando varios tipos de materiales [p. ej., caucho, celulosa, cloruro de polivinilo (PVC), polietileno], pero cada vez se utilizan más los separadores de fibra de vidrio, fabricados con FMA.

En los inicios de la industria de la lana mineral se demostró un mayor riesgo de cáncer de pulmón entre sus trabajadores (HSE 1990). Ahora bien, tal vez la causa estaba en otros materiales cancerígenos que se utilizaban entonces. No obstante, es prudente asegurarse de minimizar toda exposición a las FMA bien por medio de un encerramiento total o por medio de sistemas de VAL.

La estibina y la arsina

El antimonio y el arsénico son materiales muy utilizados en las aleaciones de plomo, por lo que puede producirse estibina (SbH_3) o arsina (AsH_3) en ciertas circunstancias:

- cuando un elemento acumulador se sobrecarga en exceso;
- cuando se mezcla una aleación de plomo-calcio con escoria de una aleación de plomo-antimonio o plomo-arsénico. La reacción química de ambas escorias forma antimonio cálcico o arseniuro cálcico, los cuales, al mojarse después, pueden generar SbH_3 o AsH_3 .

La estibina y la arsina son gases muy tóxicos, cuyo efecto es la destrucción de los glóbulos rojos. Para evitar cualquier riesgo de exposición a estos gases es preciso mantener rigurosos controles de proceso durante la fabricación de baterías.

Riesgos físicos

En la fabricación de baterías también existen diversos riesgos físicos (p. ej., ruido, salpicaduras de ácido y metal fundido, riesgos eléctricos y manipulaciones manuales), aunque se reducen por medio de los adecuados controles técnicos y de proceso.

Cuestiones ambientales

Los efectos del plomo en la salud de los niños han sido objeto de amplios estudios. Es fundamental, pues, mantener la liberación de plomo al medio ambiente en niveles mínimos. En las fábricas de baterías deben filtrarse las emisiones atmosféricas más contaminantes. Todos los desechos de proceso (fangos plumbosos ácidos, por lo común) han de llevarse a una planta de tratamiento de efluentes para neutralizar el ácido y separar el plomo de la suspensión.

Tendencias futuras

Es probable que el uso de plomo se vea cada vez más restringido en el futuro. En el ámbito laboral, esto dará lugar a una mayor automatización de los procesos, de modo que se aparte al trabajador del peligro.

PILAS Y BATERIAS

N. A. Smith

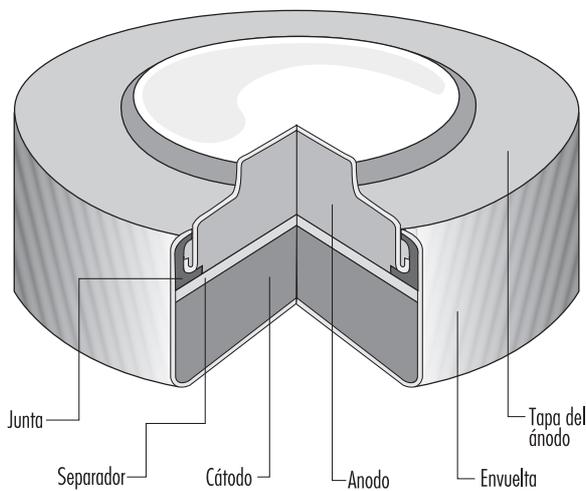
Se denomina *batería* a una serie de *elementos* individuales o *pilas* (nombre éste que se da a muchos tipos de baterías), que generan electricidad por medio de reacciones químicas. Los elementos pueden ser *primarios* o *secundarios*. En los primarios, las reacciones químicas que producen el flujo de electrones no son reversibles y, por consiguiente, no se recargan con facilidad. Por el contrario, los elementos secundarios deben cargarse antes de su utilización, lo que se consigue haciendo pasar por ellos una corriente eléctrica. Tales elementos (llamados también *acumuladores*) tienen la ventaja de que suelen poder recargarse y descargarse repetidamente durante su uso.

La pila primaria clásica de uso diario es la pila seca Leclanché, llamada de este modo porque el electrólito es una pasta, no un líquido. La pila Leclanché es la típica pila cilíndrica utilizada en linternas, radios portátiles, calculadoras, juguetes eléctricos y similares. En los últimos años, las pilas alcalinas, como las de zinc-dióxido de manganeso, han ganado terreno en este tipo de usos. Las pilas en miniatura o pilas "de botón" han hallado aplicaciones en audífonos, ordenadores, relojes, cámaras y otros equipos electrónicos. Las pilas de zinc-óxido de plata, de mercurio, de zinc-aire y de litio-dióxido de manganeso son algunos ejemplos. En la Figura 81.2 se ofrece el corte de una típica pila alcalina de botón.

La batería secundaria clásica es la de acumuladores de plomo, que se emplea mucho en la industria del transporte, así como en las centrales eléctricas y en la industria. Linternas, cepillos de dientes, herramientas recargables a pilas y similares constituyen un nuevo mercado para este tipo de pila. Las secundarias de níquel-cadmio están adquiriendo mayor popularidad, sobre todo como pilas de bolsillo para iluminación de emergencia, arranques de motores diesel y aplicaciones estacionarias y de tracción, en las que las características de fiabilidad, larga duración, frecuente recargabilidad y rendimiento a baja temperatura compensan su coste adicional.

Las baterías recargables que se están elaborando para su aplicación en vehículos eléctricos utilizan litio-sulfuro ferroso, zinc-cloro y sodio-azufre.

Figura 81.2 • Corte de una pila alcalina de botón.



Fuente: Eveready Battery Co.

En la Tabla 81.1 se indica la composición de muchas baterías corrientes.

Procesos de fabricación

Aunque existen claras diferencias en la fabricación de los diferentes tipos de baterías, tienen en común los procesos de pesaje, trituración, mezcla, compresión y secado de los ingredientes. En las modernas fábricas de baterías, muchas de estas operaciones se hacen en recintos aislados (con equipos herméticos) y están muy automatizadas. Por consiguiente, puede producirse exposición de los trabajadores a los diversos ingredientes durante su pesaje y carga y durante la limpieza de los equipos.

En las fábricas más antiguas, muchas de las operaciones de trituración, mezcla y otras, o bien el paso de los ingredientes de una etapa a otra del proceso, se realizan manualmente. En estos

casos, el riesgo de inhalación de polvo o de contacto cutáneo con sustancias corrosivas es alto. Entre las precauciones que deben tomarse en las operaciones que producen polvo cabe citar el aislamiento total y la mecanización de la manipulación y el pesaje de los distintos tipos de polvo, el empleo de ventilación aspirante local, la limpieza diaria (fregar y/o aspirar) de los suelos y la utilización de mascarillas respiratorias y otros equipos de protección individual durante las operaciones de mantenimiento.

El ruido también supone un riesgo, ya que las máquinas de compresión y empaquetado lo producen. Es esencial que existan métodos de control del ruido y programas de conservación de la capacidad auditiva.

Los electrólitos que se utilizan en muchas baterías contienen hidróxido de potasio, que es un material corrosivo. El aislamiento y la protección cutánea y ocular son precauciones convenientes. También puede haber exposición a las partículas de metales tóxicos, como el óxido de cadmio, el mercurio, el óxido de mercurio, el níquel y sus compuestos y el litio y sus compuestos, que se utilizan como ánodos o cátodos en determinados tipos de baterías. La batería de acumuladores de plomo-ácido, también conocida como "acumulador de plomo", entraña riesgos considerables de exposición al plomo y se trata específicamente en el artículo titulado "Fabricación de acumuladores de plomo".

El litio es un metal muy reactivo, por lo que el montaje de pilas de litio ha de realizarse en un ambiente seco a fin de evitar que el litio reaccione con el vapor de agua. El dióxido de azufre y el cloruro de tionilo, utilizados en algunas pilas de litio, comportan riesgos respiratorios. El hidrógeno, gas utilizado en las pilas de níquel-hidrógeno, comporta riesgos de incendio y explosión. Estos materiales, así como los que se utilicen en las pilas de nuevo diseño, requerirán precauciones especiales.

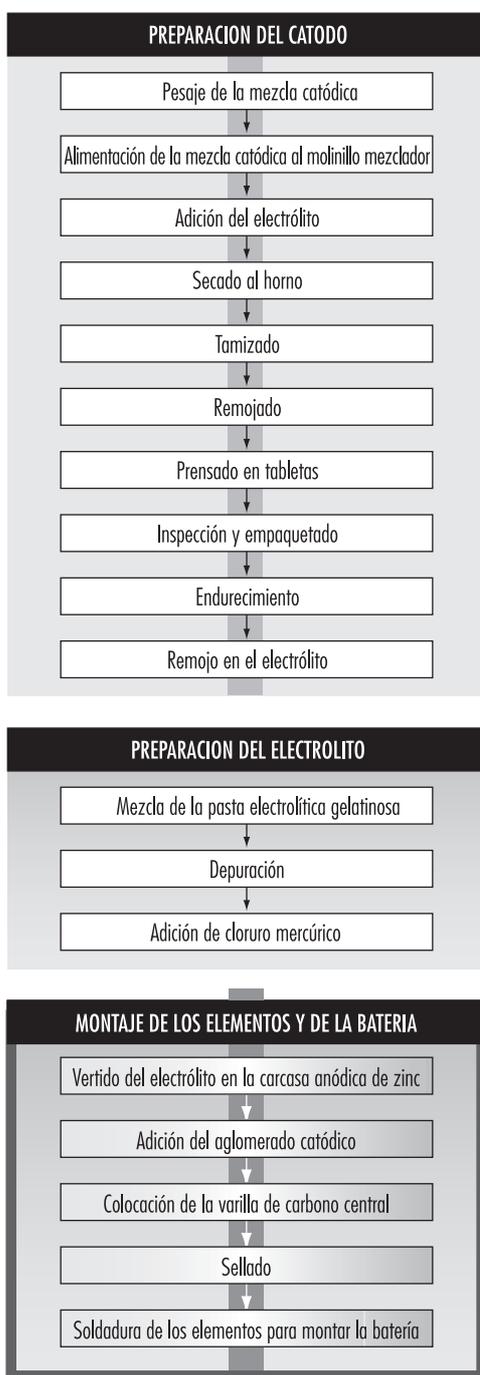
Pilas Leclanché

La Figura 81.3 ilustra la producción de las pilas secas Leclanché. El electrodo positivo o la mezcla catódica contiene entre 60 y 70 % de dióxido de manganeso, y el resto es grafito, negro de

Tabla 81.1 • Composición de las pilas y baterías más comunes.

Tipo de pila o batería	Electrodo negativo	Electrodo positivo	Electrólito
Elementos primarios			
Pila seca Leclanché	Zinc	Dióxido de manganeso	Agua, cloruro de zinc, cloruro de amonio
Alcalina	Zinc	Dióxido de manganeso	Hidróxido de potasio
Mercurio (pila de Ruben)	Zinc	Oxido mercúrico	Hidróxido de potasio, óxido de zinc, agua
Plata	Zinc	Oxido de plata	Hidróxido de potasio, óxido de zinc, agua
Litio	Litio	Dióxido de manganeso	Clorato de litio, LiCF_3SO_3
Litio	Litio	Dióxido de azufre	Dióxido de azufre, acetnitrilo, bromuro de litio
Zinc en aire	Zinc	Oxígeno	Cloruro de litio y aluminio
Elementos secundarios			
Plomo-ácido	Plomo	Dióxido de plomo	Acido sulfúrico diluido
Níquel-hierro (batería de Edison)	Hierro	Oxido de níquel	Hidróxido de potasio
Níquel-cadmio	Hidróxido de cadmio	Hidróxido de níquel	Hidróxido de potasio, posiblemente hidróxido de litio
Plata-zinc	Polvo de zinc	Oxido de plata	Hidróxido de potasio

Figura 81.3 • Diagrama de flujo de la producción de pilas Leclanché.



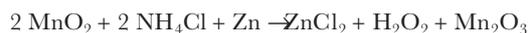
acetileno, sales amónicas, cloruro de zinc y agua. Se pesa el polvo fino y seco de dióxido de manganeso, grafito y negro de acetileno y se introduce en un molinillo mezclador; se agrega el electrolito compuesto de agua, cloruro de zinc y cloruro de amonio, y la mezcla así preparada se comprime con una prensa de alimentación manual para formar aglomerados o tabletas. En ciertos casos, la mezcla se seca al horno, se tamiza y se vuelve a humedecer antes de producir las tabletas. Estas se inspeccionan y se empaquetan con máquinas de alimentación manual tras dejar que se endurezcan durante algunos días. Los aglomerados se

colocan después en bandejas y se remojan en el electrolito, quedando así listos para el montaje.

El ánodo es la carcasa de zinc, que se elabora a partir de tochos de zinc en una prensa caliente (o bien doblando y soldando chapas de zinc a la carcasa). En grandes tinas se mezcla una pasta orgánica gelatinosa que consta de almidones de harina y maíz remojados en electrolito. Los ingredientes suelen verterse directamente de los sacos, sin pesarlos. La mezcla se depura después con astillas de zinc y dióxido de manganeso. Se agrega cloruro mercúrico al electrolito para formar una amalgama con el interior del envase de zinc. Esta pasta constituirá el medio conductor o electrolito.

El montaje de los elementos se realiza vertiendo automáticamente la cantidad necesaria de pasta gelatinosa en las carcasas de zinc para formar un recubrimiento interior en el envase de zinc. En algunos casos, las carcasas cuentan con un acabado cromado debido a la introducción y al vaciado de una mezcla de ácido crómico e hidroclicórico antes de agregar la pasta gelatinosa. Entonces se coloca el aglomerado catódico en el centro de la carcasa. Se sitúa una varilla de carbono en el centro del cátodo para que actúe como colector de corriente.

Después se sella el elemento de zinc con parafina o cera fundida y se calienta con una llama para obtener una mejor estanquidad. Por último, se sueldan los elementos para formar la pila. La reacción de la pila es la siguiente:



Los trabajadores pueden quedar expuestos al dióxido de manganeso durante las operaciones de pesaje, carga de la mezcladora, trituración, limpieza del horno, tamizado, prensado y empaquetado manual, en función del grado de automatización, de la estanquidad del recinto y de la ventilación aspirante local. En el prensado y empaquetado manual de la mezcla húmeda, el trabajador está expuesto a la misma, que puede secarse y producir polvo inhalable; la exposición al electrolito, ligeramente corrosivo, puede provocar dermatitis. Estos riesgos se reducen con medidas de higiene personal, con el uso de guantes y protección respiratoria en las operaciones de limpieza y mantenimiento, y con duchas y taquillas separadas para la ropa de calle y de trabajo. Como ya se ha dicho, el empaquetado y la formación de tabletas son operaciones que entrañan riesgo de ruido.

Durante la fabricación de la pasta gelatinosa, la mezcla es automática y el trabajador sólo puede quedar expuesto durante la adición de los materiales. La adición de cloruro mercúrico a la pasta gelatinosa comporta el riesgo de inhalación y absorción cutánea y posible intoxicación por mercurio. Es necesario disponer de sistemas de VAL o de equipos de protección individual.

También es posible la exposición a derrames de ácido crómico y ácido hidroclicórico durante el cromado, y a los humos de soldadura y del calentamiento del compuesto sellador. La mecanización del proceso de cromado, el uso de guantes y de sistemas de VAL para las operaciones de soldadura y sellado térmico son precauciones adecuadas.

Acumuladores de níquel-cadmio

El método de fabricación de electrodos de níquel-cadmio más corriente en la actualidad es depositar el material activo del electrodo directamente sobre una placa o sustrato poroso de níquel sinterizado (véase la Figura 81.4). La placa se elabora prensando una pasta de polvo de níquel sinterizado (que suele fabricarse por descomposición de carbonilo de níquel) a través de una chapa perforada de acero niquelado (o tamiz de níquel o de acero niquelado) y sinterizándola o secándola al horno. Posteriormente, para determinados usos las placas se cortan, se pesan y se acuñan

Figura 81.4 • Diagrama de flujo de la producción de pilas de níquel-cadmio utilizando níquel sinterizado.



(comprimen), o se laminan en forma de espiral para pilas de tipo doméstico.

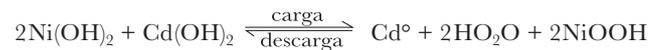
La placa sinterizada se impregna después con una disolución de nitrato de níquel para el electrodo positivo o de nitrato de cadmio para el negativo. Estas placas se lavan y se secan, se sumergen en hidróxido de sodio para formar hidróxido de níquel o hidróxido de cadmio y se vuelven a lavar y secar. Habitualmente, el paso siguiente es sumergir los electrodos positivo y negativo en una gran batería temporal con un 20 o 30 % de hidróxido de sodio. Se realizan ciclos de carga y descarga para eliminar impurezas y después se retiran, lavan y secan los electrodos.

Otro modo de fabricar electrodos de cadmio es preparar una pasta de óxido de cadmio mezclada con grafito, óxido de hierro y parafina, que se tritura y se compacta finalmente por medio de rodillos para conformar el material activo. Este se prensa para formar un fleje de acero perforado móvil que se seca, a veces se comprime, y se corta en placas. En esta fase pueden agregarse orejetas.

En los pasos siguientes se hace el montaje de los elementos y de la pila. En las pilas de gran tamaño, los electrodos individuales se montan formando grupos de electrodos con placas de polaridad opuesta intercaladas con separadores de plástico. Los grupos pueden atornillarse o soldarse y se colocan en una carcasa de acero niquelado. Las carcasas de plástico son de introducción más reciente. Los elementos se llenan con una disolución electrolítica de hidróxido de potasio, que también puede contener hidróxido de litio. Después se montan las baterías atornillando los elementos. Las pilas de plástico se unen con cemento o cinta. Cada elemento se conecta al adyacente por medio de un puente de plomo para formar un borne positivo y otro negativo, uno en cada extremo de la batería.

En las pilas cilíndricas, las placas impregnadas se montan en grupos de electrodos enrollando los electrodos positivo y negativo, separados por un material inerte, para formar un cilindro apretado. El electrodo cilíndrico se coloca entonces en una carcasa metálica niquelada, se agrega electrolito de hidróxido de potasio y se sella el elemento por soldadura.

La reacción química que se produce en la carga y descarga de las pilas de níquel-cadmio es la siguiente:



La exposición más importante al cadmio es la que se produce en la manipulación del nitrato de cadmio y su disolución durante la fabricación de pasta a partir de óxido de cadmio en polvo y en la manipulación del polvo activo seco. Es posible asimismo la exposición durante el reciclaje del cadmio de las placas de desecho. El encerramiento y la automatización de las operaciones de pesaje y mezcla pueden reducir estos riesgos durante las primeras fases.

La exposición a los compuestos del níquel puede controlarse con medidas parecidas. La producción de níquel sinterizado a partir de carbonilo de níquel, aunque se realiza en maquinaria hermética, comporta una posible exposición al carbonilo de níquel y al monóxido de carbono, ambos extremadamente tóxicos. Este proceso requiere una constante vigilancia de las fugas de gas.

La manipulación de hidróxido de potasio o de hidróxido de litio cáusticos requiere ventilación adecuada y protección individual. La soldadura genera humos y requiere sistemas de VAL.

Efectos sobre la salud y pautas patológicas

Los riesgos más graves para la salud en la fabricación tradicional de baterías son las exposiciones a plomo, cadmio, mercurio y dióxido de manganeso. Los riesgos del plomo son objeto de análisis en otros apartados de este mismo capítulo y de la presente *Enciclopedia*. El cadmio puede provocar enfermedades renales y es cancerígeno. La exposición al cadmio resultó estar muy extendida en las fábricas de pilas de níquel-cadmio de Estados Unidos, y muchos trabajadores tuvieron que ser apartados por motivos médicos, de conformidad con las disposiciones de la norma de la OSHA sobre el cadmio, debido a los altos niveles del mismo hallados en sangre y orina (McDiarmid y cols. 1996). El mercurio afecta a los riñones y al sistema nervioso. Los estudios realizados en varias fábricas de pilas de mercurio han demostrado la existencia de una excesiva exposición al vapor de mercurio (Telesca 1983). Se ha demostrado que la exposición al

dióxido de manganeso es alta en las operaciones de manipulación y mezcla de polvo para la fabricación de pilas secas alcalinas (Wallis, Menke y Chelton 1993). Esto puede provocar deficiencias neurofuncionales en los trabajadores (Roels y cols. 1992). El polvo de manganeso absorbido en cantidades excesivas causa trastornos del sistema nervioso central parecidos al síndrome de Parkinson. También son metales problemáticos, entre otros, el níquel, el litio, la plata y el cobalto.

La exposición a las disoluciones de cloruro de zinc, hidróxido de potasio, hidróxido de sodio e hidróxido de litio utilizadas en los electrolitos de las baterías pueden provocar quemaduras en la piel.

● FABRICACION DE CABLES ELECTRICOS

David A. O'Malley

Los cables se comercializan en muy diversos tamaños para usos diferentes, desde los cables de tensión muy alta, que transmiten energía eléctrica a más de 100 kilovoltios, hasta los cables de telecomunicaciones. Estos últimos utilizaban en el pasado conductores de cobre, pero han sido reemplazados por los de fibra óptica, que permite transmitir más información con un cable mucho más pequeño. Entre ambos se hallan los cables generales para conexiones domésticas, otros cables flexibles y los cables eléctricos de tensión inferior a los de tensión muy alta. Además, existen cables más especializados, como los cables de aislante mineral (que se utilizan cuando resulta crucial su inherente resistencia al fuego: por ejemplo, en una fábrica, en un hotel o a bordo de un barco), los hilos esmaltados (que se utilizan como devanados eléctricos de motores), el hilo de oropel o hilo tinsel (utilizado en la conexión espiral de un microteléfono), los cables de cocina (cuyo aislamiento ha sido históricamente de asbesto, aunque en la actualidad es de otros materiales), etcétera.

Materiales y procesos

Conductores

El material más utilizado como conductor en cables siempre ha sido el cobre, debido a su conductividad eléctrica. El cobre ha de refinarse en un estado de gran pureza antes de su utilización para fabricar conductores. El refinado del cobre a partir del mineral o de la chatarra es un proceso de dos fases:

1. el refinado al fuego en un gran horno para eliminar impurezas indeseadas y moldear un ánodo de cobre; y
2. el refinado electrolítico en una pila eléctrica de ácido sulfúrico, en cuyo cátodo se deposita cobre muy puro.

En las fábricas modernas, primero se funden los cátodos de cobre en un horno de cuba y después se fabrican las barras de cobre por colada continua y por laminación. Estas barras se reducen a los diámetros necesarios en una trefiladora haciéndolas pasar por una hilera de precisos troqueles. La operación de trefilado se ha realizado tradicionalmente en un lugar central, rodeado de muchas máquinas que producían alambres de diferentes medidas. Recientemente, las pequeñas fábricas autónomas ya hacen sus propias operaciones de trefilado. Para algunas aplicaciones especializadas, se recubre el conductor de cobre con un revestimiento metálico, como el estaño, la plata o el zinc.

En los cables eléctricos elevados se utilizan conductores de aluminio, cuya inferior conductividad en comparación con el cobre se ve más que compensada por su menor peso. Los conductores de aluminio se fabrican haciendo pasar una

palanquilla de aluminio caliente por un troquel mediante una prensa de extrusión.

Otros conductores metálicos más especializados utilizan aleaciones especiales para una determinada aplicación. Se han empleado aleaciones de cadmio y cobre para fabricar catenarias (el conductor aéreo utilizado en las vías férreas) e hilos tinsel para microteléfonos. El cadmio aumenta la resistencia a la tracción en comparación con el cobre puro, y se utiliza para que la catenaria no se combe entre soportes. También se utilizan aleaciones de berilio y cobre en ciertas aplicaciones.

Las fibras ópticas, que consisten en un filamento continuo de vidrio de alta calidad óptica para la transmisión en el campo de las telecomunicaciones, se inventaron a principios del decenio de 1980. Exigieron desarrollar una tecnología de fabricación totalmente nueva. Dentro de un torno se quema tetracloruro de silicio para depositar dióxido de silicio sobre un tocho. El dióxido de silicio se convierte en vidrio por calentamiento en una atmósfera de cloro; después se trefila a medida y se le aplica un revestimiento protector.

Aislamiento

Se han utilizado muchos materiales aislantes en diferentes tipos de cables. Los tipos más corrientes son los materiales plásticos, como el PVC, el polietileno, el politetrafluoretileno (PTFE) y las poliamidas. En cada caso, el plástico se elabora para que cumpla una especificación técnica y se aplica a la parte externa del conductor utilizando una máquina de extrusión. A veces se añaden otros materiales al compuesto plástico para una aplicación determinada; por ejemplo, algunos cables eléctricos incorporan un compuesto de silano para vulcanizar el plástico. Si el cable va a enterrarse en el suelo, se añade un plaguicida para evitar que las termitas devoren el aislante.

Algunos cables flexibles, sobre todo los que se instalan en minas subterráneas, utilizan aislante de caucho. Se necesitan cientos de compuestos de caucho para cumplir diferentes especificaciones, y se requieren unas instalaciones especializadas para su fabricación. El caucho es extrusionado sobre el conductor. También debe vulcanizarse pasando por un baño de sales de nitrato calientes o de un líquido presurizado. Para evitar que los conductores con aislante de caucho se queden pegados unos con otros, se les hace pasar a través de polvos de talco.

El conductor del interior del cable va envuelto en un aislante, como el papel (previamente remojado en un aceite sintético o mineral) o la mica. Después se aplica una vaina externa, normalmente por extrusión de plástico.

Se han desarrollado dos métodos de fabricación de cables de aislante mineral (AM). En el primero, un tubo de cobre lleva en su interior varios conductores sólidos de cobre y el espacio entre estos se rellena con polvo de óxido de magnesio. Después se pasa todo el conjunto por una hilera de troqueles para reducirlo al tamaño necesario. La otra técnica comporta la soldadura continua de una espiral de cobre alrededor de conductores separados por polvo. En uso, la vaina exterior de cobre de un cable AM es la conexión a tierra y los conductores interiores transmiten la corriente. Aunque no se necesita una capa exterior, algunos clientes especifican una vaina de PVC por motivos de estética. Esto resulta contraproducente, ya que la principal ventaja del cable AM es que no se quema, y la vaina de PVC le priva en parte de esta ventaja.

En los últimos años se ha prestado mayor atención al comportamiento de los cables en los incendios por dos motivos:

1. La mayoría de los cauchos y plásticos, materiales aislantes tradicionales, emiten ingentes cantidades de humos y gases tóxicos al arder, y en varios incendios de importancia ésta ha sido la principal causa de muerte.

- Una vez que el fuego alcanza el interior del cable, los conductores se tocan y se funde el circuito, cortándose la corriente eléctrica. Como consecuencia, se han desarrollado compuestos fumífugos e ignífugos (FI), tanto para materiales de plástico como de caucho. Con todo, las mejores prestaciones en caso de incendio las proporcionan los cables de aislante mineral.

Para ciertos cables se utilizan varios materiales especializados: los cables de tensión muy alta se llenan de aceite por sus propiedades aislantes y refrigerantes; otros cables utilizan una grasa de hidrocarburos conocida como MIND, vaselina o una vaina de plomo. La fabricación de hilos esmaltados comporta por lo común su revestimiento con un esmalte de poliuretano disuelto en cresol.

Fabricación de cables

Muchos cables se fabrican retorciendo los conductores aislados para formar una determinada configuración. Los conductores salen de sendos carretes que giran alrededor de su eje y van pasando por la máquina que forma el cable, en las operaciones conocidas como *trenzado* y *estratificado*.

Algunos cables han de ser protegidos contra posibles daños mecánicos. Suele hacerse por *entrelazado*, es decir, entretejiendo un material con el aislamiento externo de un cable flexible de modo que cada hilo se cruce con el otro una y otra vez en forma helicoidal. Un ejemplo de este tipo de cable entrelazado (al menos en el Reino Unido) es el que se utiliza en las planchas eléctricas, donde se utiliza hilo textil como material de entrelazado. En otros casos se utiliza hilo de acero, y entonces la operación se denomina *armado*.

Operaciones auxiliares

Los cables más grandes se suministran en tambores de varios metros de diámetro. Tradicionalmente, los tambores eran de madera, pero también se han utilizado de acero. Un tambor de madera se fabrica remachando piezas de madera aserrada con una máquina o pistola remachadora neumática. Se utiliza un conservante de cobre-cromo-arsénico para evitar que se pudra la madera. Los cables más pequeños suelen suministrarse en carretes de cartón.

Es posible que la operación de conexión de los dos extremos de los cables, conocida como *empalme*, haya de ser realizada en un lugar alejado. El empalme no sólo ha de contar con una buena conexión eléctrica, sino que además debe ser capaz de soportar las futuras condiciones ambientales. Los compuestos de empalme utilizados suelen ser resinas acrílicas e incorporan compuestos de isocianato y sílice en polvo.

Los conectores de los cables suelen fabricarse en tornos automáticos a partir de barras de latón. Las máquinas se refrigeran y lubrican utilizando una emulsión de aceite en agua. Las abrazaderas de los cables se fabrican con máquinas de moldeo por inyección de plástico.

Riesgos y su prevención

El riesgo más extendido para la salud en toda la industria del cable es el ruido. Las operaciones más ruidosas son las siguientes:

- el trefilado;
- el entrelazado;
- el refinado del cobre al fuego;
- la colada continua de barras de cobre,
- la fabricación de tambores de cable.

En estas zonas son corrientes los niveles de ruido superiores a los 90 dBA. En las operaciones de trefilado y entrelazado, el nivel de ruido total depende del número y la ubicación de las

máquinas y del ambiente acústico. Es preciso planificar la distribución de las máquinas para minimizar la exposición al ruido. El medio más eficaz de controlar el ruido es la instalación de recintos acústicos bien diseñados, pero resulta caro. En el refinado de cobre al fuego y en la colada continua de barras de cobre, los principales focos de ruido son los quemadores, que deben diseñarse para ser poco ruidosos. En el caso de la fabricación de tambores de cable, las pistolas remachadoras neumáticas son el principal foco de ruido, que se reduce bajando la presión de la conducción de aire e instalando silenciadores de escape. Sin embargo, en la mayoría de los casos la norma de la industria es facilitar protección auditiva a los trabajadores de las áreas afectadas, aunque la protección resulta más incómoda en este caso debido al calor ambiental existente en las operaciones de refinado de cobre al fuego y de colada continua de barras de cobre. También se precisa la realización de audiometrías periódicas para controlar el oído de cada persona.

Muchos de los riesgos para la seguridad y su prevención son iguales que en otras industrias de fabricación. Sin embargo, algunas máquinas de fabricación de cables presentan riesgos especiales, ya que cuentan con numerosos carretes de conductores girando alrededor de dos ejes al mismo tiempo. Es esencial asegurarse de que las defensas de las máquinas tengan dispositivos de enclavamiento que impidan que la máquina funcione si no están colocadas, para evitar el acceso a cilindros en marcha y otras piezas giratorias, como los grandes tambores de cable. Durante el enhebrado inicial de la máquina, cuando puede ser preciso que el operario pase al interior de la defensa de la máquina, es obligado que ésta sólo pueda moverse algunos centímetros cada vez. Los dispositivos de enclavamiento pueden instalarse de modo que con una sola llave se abra la defensa o bien se inserte en la consola de control para que pueda funcionar.

Deberá realizarse una evaluación del riesgo que presentan las partículas que puedan salir proyectadas: por ejemplo, si un hilo se rompe y da un latigazo.

Es esencial que el diseño de las defensas impida físicamente que dichas partículas alcancen al operario. Cuando esto no sea posible, los trabajadores recibirán y llevarán protecciones oculares adecuadas. En las operaciones de trefilado suele ser necesaria la utilización de protectores oculares.

Conductores

En cualquier proceso de metal caliente, como el refinado de cobre al fuego o el moldeo de barras de cobre, debe impedirse que el agua entre en contacto con el metal fundido para evitar una explosión. Al cargar el horno es posible que se produzcan escapes de humos de óxido metálico en el lugar de trabajo, por lo que es preciso contar con un sistema de ventilación aspirante local eficaz sobre la puerta de carga. De manera similar, conviene controlar adecuadamente los canales por los que pasa el metal fundido desde el horno hasta la máquina de colada, así como la propia máquina de colada.

El principal riesgo existente en la refinación electrolítica es la niebla de ácido sulfúrico que emanan las pilas. Las concentraciones atmosféricas deben mantenerse por debajo de 1 mg/m³ por medio de una ventilación adecuada, a fin de evitar irritaciones.

El moldeo de barras de cobre entraña un riesgo adicional por el uso de mantas o planchas aislantes para conservar el calor alrededor de la rueda de colada. Los materiales cerámicos pueden haber reemplazado al asbesto en estas aplicaciones, pero las propias fibras cerámicas deben manipularse con gran cuidado para evitar la exposición a ellas. Estos materiales resultan más friables (es decir, se rompen con más facilidad) tras su uso, cuando han sido afectados por el calor, y su manipulación ha provocado exposición a fibras respirables en suspensión.

Un riesgo inusual es el que presenta la fabricación de cables eléctricos de aluminio. Se aplica al émbolo de la prensa de extrusión una suspensión de grafito en un aceite pesado para evitar que la palanquilla de aluminio se quede pegada al émbolo. Cuando éste está caliente, parte del material se quema y se eleva hasta el techo. Siempre que no haya operarios de puentes-grúa en las proximidades y que haya ventiladores en funcionamiento en el techo, no ha de constituir un riesgo para la salud de los trabajadores.

La fabricación de aleaciones de cobre-cadmio o de cobre-berilio puede presentar graves riesgos para los trabajadores que intervienen. Como el cadmio hierve muy por debajo del punto de fusión del cobre, se generan humos de óxido de cadmio siempre que se agrega cadmio al cobre fundido (como debe hacerse para fabricar la aleación). Esta operación sólo resulta segura con una cuidada ventilación aspirante local. De manera similar, la fabricación de la aleación de cobre-berilio requiere prestar una gran atención, ya que el berilio es el más tóxico de todos los metales tóxicos y los límites de exposición al mismo son los más estrictos.

La fabricación de fibras ópticas es una operación de alta tecnología, muy especializada. Los productos químicos utilizados tienen sus propios riesgos específicos y el control del ambiente de trabajo requiere el diseño, la instalación y el mantenimiento de complejos sistemas de VAL y de ventilación de proceso. Estos sistemas se controlan por medio de humidificadores de control supervisados por ordenador. Los principales riesgos químicos proceden del cloro, del cloruro de hidrógeno y del ozono. Además, los disolventes utilizados para limpiar los troqueles deben manipularse en cabinas con extracción de humos y ha de evitarse el contacto de la piel con las resinas a base de acrilatos que se utilizan para revestir las fibras.

Aislamiento

Las operaciones de elaboración de compuestos de plástico y de caucho presentan riesgos específicos que deben controlarse adecuadamente (véase el capítulo titulado *La industria del caucho*). Aunque en la industria del cable se utilizan compuestos distintos a los de otros sectores, las técnicas de control son las mismas.

Cuando se calientan, los compuestos de plástico desprenden una compleja mezcla de productos procedentes de la degradación térmica, cuya composición depende del compuesto plástico original y de la temperatura a la que se someta. A la temperatura normal de proceso de los extrusores de plástico, los contaminantes atmosféricos suelen constituir un problema relativamente pequeño, pero es prudente instalar un sistema de ventilación sobre la zona de separación entre el cabezal extrusor y la artesa de agua utilizada para enfriar el producto, sobre todo para controlar la exposición a los ftalatos plastificantes que suelen emplearse en el PVC. La fase de la operación que tal vez precise nuevas investigaciones es el cambio de material. El operario ha de subirse al cabezal extrusor para retirar el compuesto plástico todavía caliente e introducir el nuevo compuesto hasta que sólo salga el nuevo color y el cable quede centrado en el cabezal extrusor. El diseño de sistemas de VAL eficaces para esta fase del trabajo en la que el operario está tan cerca del cabezal extrusor, tal vez resulte difícil.

El politetrafluoretileno (PTFE) entraña un riesgo específico: puede provocar la fiebre de los humos poliméricos, cuyos síntomas son parecidos a los de la gripe. Es una afección temporal, pero debe evitarse controlando adecuadamente la exposición al compuesto caliente.

El uso de caucho en la fabricación de cables ha presentado un menor nivel de riesgo que otros usos del mismo, como en la industria del neumático. En ambas industrias, el empleo de un antioxidante (Nonox S) que contenía β -naftilamina, hasta su

retirada en 1949, provocó casos de cáncer de vejiga hasta 30 años más tarde en quienes habían estado expuestos con anterioridad a la fecha de retirada, pero ninguno en los empleados sólo con posterioridad a 1949. Sin embargo, en la industria del cable no se ha experimentado la mayor incidencia de otros cánceres —en especial, los de pulmón y estómago— aparecidos en la industria del neumático. La razón es, casi con toda seguridad, que en la fabricación de cables, las máquinas de extrusión y vulcanización están aisladas, y la exposición de los trabajadores a los humos y al polvo de caucho era por lo común mucho menor que en la industria del neumático. El empleo de talco puede ser peligroso en las fábricas de cables de caucho. Es importante asegurarse de que se utilice solamente la forma no fibrosa del talco (es decir, la que no contiene tremolita fibrosa) y de que el talco se aplique en una cabina cerrada con ventilación aspirante local.

En muchos cables se estampan marcas de identificación. Si se utilizan las modernas videoimpresoras a chorro, el riesgo para la salud es casi con toda seguridad despreciable, debido a las pequeñísimas cantidades de disolvente que se utilizan. Sin embargo, otras técnicas de impresión pueden dar lugar a exposiciones importantes a disolventes, ya sea durante la producción normal o, lo que es más habitual, durante las operaciones de limpieza. Por consiguiente, es preciso emplear sistemas de extracción adecuados para controlar tales exposiciones.

Los principales riesgos de la fabricación de cables AM son la exposición al polvo, al ruido y a las vibraciones. Los dos primeros se controlan por medio de técnicas estándar de las que se trata en otros artículos. La exposición a la vibración solía ocurrir en el pasado durante la *conificación*, por la que se formaba una punta al final del tubo montado por inserción manual en una máquina con martillos giratorios, de modo que la punta pudiera introducirse en la máquina trefiladora. Más recientemente, este tipo de conificadora ha sido reemplazada por máquinas neumáticas, lo que ha eliminado tanto la vibración como el ruido generado por el método antiguo.

La exposición al plomo durante el envainado debe controlarse por medio de sistemas de VAL adecuados y prohibiendo comer, beber y fumar en áreas susceptibles de contaminación por plomo. Es preciso realizar controles biológicos periódicos analizando el contenido de plomo en muestras de sangre en un laboratorio cualificado.

El cresol utilizado en la fabricación de hilos esmaltados es corrosivo y tiene un olor distintivo a concentraciones muy bajas. Parte del poliuretano se degrada térmicamente en los hornos de esmaltado y libera tolueno diisocianato (TDI), un potente sensibilizador respiratorio. Es preciso instalar un buen sistema de VAL alrededor de los hornos provistos de dispositivos catalíticos de poscombustión para asegurarse de que el TDI no contamine el área circundante.

Operaciones auxiliares

Las operaciones de *empalme* presentan riesgos para dos grupos distintos de trabajadores: quienes los fabrican y quienes los utilizan. La fabricación comporta la manipulación de un polvo fibrogénico (sílice), un sensibilizador respiratorio (isocianato) y un sensibilizador cutáneo (resina acrílica). Debe utilizarse un sistema de VAL eficaz para controlar adecuadamente la exposición de los empleados, quienes han de llevar guantes adecuados para evitar que la resina entre en contacto con su piel. El principal riesgo para los usuarios de los compuestos es la sensibilización cutánea a la resina, lo cual es difícil de controlar, ya que es posible que el empalmador no pueda evitar el contacto cutáneo del todo y es probable que se encuentre en un lugar alejado y desprovisto de agua para limpiarse. Por tanto, es esencial disponer de un limpiador de manos sin agua.

Riesgos ambientales y su prevención

Por regla general, la fabricación de cables no genera emisiones significativas al exterior de la fábrica. Existen tres excepciones, no obstante. La primera es que la exposición a los vapores de los disolventes utilizados para imprimir y para otros fines se controlan utilizando sistemas de VAL que descargan a la atmósfera. Los compuestos orgánicos volátiles (COV) de dichas emisiones son uno de los componentes necesarios para formar "esmog" fotoquímico, por lo que están sufriendo una presión cada vez mayor por parte de las autoridades reguladoras de varios países. La segunda excepción es la posible liberación de TDI procedente de la fabricación de hilos esmaltados. La tercera es que, en varios casos, la fabricación de las materias primas que se utilizan en los cables puede dar lugar a emisiones al medio ambiente si no se toman medidas de control. Las emisiones de partículas metálicas de las refineras de cobre y de la fabricación de aleaciones de cobre-cadmio o cobre-berilio deberán canalizarse hacia sistemas filtrantes adecuados. Asimismo, todas las emisiones de partículas procedentes de la elaboración de compuestos de caucho lo harán a su vez hacia un sistema filtrante. Las emisiones de partículas, cloruro de hidrógeno y cloro procedentes de la fabricación de fibras ópticas deberán canalizarse hacia un sistema filtrante seguido de un depurador de sosa cáustica.

● FABRICACION DE LAMPARAS ELECTRICAS

Albert M. Zielinski

Las lámparas son de dos tipos básicos: de filamento (o incandescentes) y de descarga. Los componentes básicos de ambos tipos de lámparas son el vidrio, varias piezas de hilo metálico, un gas de relleno y, por lo común, una base. Algunos fabricantes producen estos materiales en sus instalaciones y otros los obtienen de proveedores externos. Lo normal es que fabriquen sus propios globos de vidrio, comprando otros componentes y tipos de vidrio a fabricantes especializados u otras empresas del ramo.

En función del tipo de lámpara, se utilizan diversas clases de vidrio. En las lámparas incandescentes y fluorescentes suele utilizarse un vidrio de sosa y cal. En las lámparas de mayor temperatura se utilizan vidrios de borosilicatos, mientras que en las lámparas de descarga de alta presión se utilizan materiales cerámicos o cuarzo para el tubo de descarga y vidrios de borosilicatos para la ampolla exterior. Para sellar los extremos de las bombillas suele utilizarse vidrio plumboso (que contiene entre un 20 y un 30 % de plomo).

Los hilos metálicos utilizados como soportes o conectores en la fabricación de las lámparas pueden ser de diversos materiales: acero, níquel, cobre, magnesio y hierro, mientras que los filamentos son de tungsteno o de una aleación de tungsteno y torio. Un requisito crucial para el hilo soporte es que sus características de dilatación coincidan con las del vidrio si el hilo penetra en el vidrio para conducir la corriente eléctrica de la lámpara. Es frecuente utilizar para este fin hilos conductores compuestos de varios materiales.

Las bases (o casquillos) suelen ser de latón o aluminio, siendo el latón el material preferido para aplicaciones al aire libre.

Lámparas de filamento o incandescentes

Son las lámparas más antiguas y todavía hoy siguen fabricándose. Toman su nombre del modo en que producen la luz: por calentamiento de un filamento metálico a temperatura suficiente para que se ponga al rojo. Aunque es posible fabricar una lámpara

incandescente casi con cualquier tipo de filamento (en las primeras lámparas se utilizaba carbono), hoy en día la mayoría de ellas utilizan un filamento de tungsteno.

Lámparas de tungsteno. La versión más común de estas lámparas para uso doméstico consiste en un globo de vidrio que encierra un filamento de tungsteno. La electricidad llega al filamento conducida por hilos metálicos que lo sustentan y que atraviesan la montura de vidrio que va sellada al globo. Los hilos se conectan después a la base metálica, uno soldado al ojal central de la base y el otro conectado al cuerpo roscado. Los hilos de soporte tienen una composición especial, de modo que tengan las mismas características de dilatación que el vidrio, lo que evita que se produzcan fugas cuando se calientan las lámparas. El globo suele ser de vidrio de cal, mientras que la montura es de vidrio plumboso. Para preparar la montura suele emplearse dióxido de azufre, que actúa como lubricante durante el montaje de las lámparas a alta velocidad. En función del diseño de la lámpara, el globo se cierra al vacío o se llena de argón o de otro gas no reactivo.

Las lámparas de este tipo se venden con globos transparentes, globos translúcidos y globos revestidos con diversos materiales. Los globos translúcidos y los revestidos con un material blanco (por regla general, arcilla o sílice amorfa) se utilizan para reducir el brillo que produce el filamento con los globos transparentes. También se aplican a los globos, por la parte externa, diversos revestimientos decorativos, como cerámicas y lacas de colores, mientras que la parte interna puede decorarse con otros colores, como el amarillo o el rosa.

Aunque la forma doméstica típica es la más corriente, las lámparas incandescentes pueden fabricarse con globos de muchas formas (tubulares, redondos y reflectores), así como en muchos tamaños y vatajes, desde las lámparas en miniatura hasta los grandes focos de estudio o escenario.

Lámparas halógenas de tungsteno. Un problema del diseño de la lámpara de filamento de tungsteno normal es que el tungsteno se evapora en servicio y se condensa en la pared de vidrio, más fría, oscureciéndola y reduciendo la transmisión de luz. Este problema se elimina añadiendo al gas interior un halógeno, como el bromuro de hidrógeno o el bromuro metílico. El halógeno reacciona con el tungsteno, impidiendo que se condense en la pared de vidrio. Cuando la lámpara se enfría, el tungsteno vuelve a depositarse sobre el filamento. Como esta reacción funciona mejor a mayor presión, las lámparas halógenas de tungsteno suelen contener gas a varias atmósferas de presión. Normalmente, el halógeno se añade integrado en el gas interior de la lámpara, habitualmente a concentraciones del 2 % o menos.

En las lámparas halógenas de tungsteno también se utilizan globos de cuarzo en lugar de vidrio. Los primeros soportan mayores presiones; ahora bien, el cuarzo entraña un posible riesgo, ya que es transparente a la luz ultravioleta. Aunque el filamento de tungsteno produce relativamente poca radiación ultravioleta, la exposición prolongada a corta distancia puede causar enrojecimiento de la piel e irritación ocular. Filtrando la luz por una cubierta de vidrio se reduce en gran medida la cantidad de radiación ultravioleta, al tiempo que se ofrece protección contra el cuarzo caliente en el caso de que la lámpara se rompa mientras está en funcionamiento.

Riesgos y precauciones

En general, los mayores riesgos que presenta la fabricación de lámparas, con independencia del tipo de producto, son los que presentan los equipos automáticos y la manipulación de lámparas y globos de vidrio y otros materiales. Los cortes producidos al manipular el vidrio y al introducir las manos en los equipos en funcionamiento son las causas más corrientes de accidente; los

problemas derivados de la manipulación de materiales, como los movimientos repetitivos o las lesiones de espalda, son especialmente preocupantes.

Es frecuente emplear pasta de soldadura plumbosa en las lámparas. En las utilizadas en aplicaciones de alta temperatura, se emplean pastas de soldadura con cadmio. En las operaciones automáticas de montaje de lámparas, la exposición a estas pastas de soldadura es mínima. Si se realizan soldaduras manuales, como en las operaciones semiautomáticas o en reparaciones, deberá vigilarse la exposición al plomo o al cadmio.

Las posibilidades de quedar expuesto a materiales peligrosos durante la fabricación de lámparas han ido disminuyendo constantemente desde mediados del siglo XX. En la fabricación de lámparas incandescentes, a una gran cantidad de ellas se les solía aplicar una solución de ácido hidrofúrico o sales bifluóricas para darles un acabado translúcido. Esto se ha sustituido en gran medida por un revestimiento arcilloso de baja toxicidad. Aunque no se ha reemplazado por completo, el uso de ácido hidrofúrico se ha reducido mucho. Este cambio ha reducido el riesgo de sufrir quemaduras en la piel e irritación pulmonar a causa del ácido. Los revestimientos cerámicos de colores utilizados en la parte externa de algunas lámparas solían contener pigmentos de metales pesados, como el plomo, el cadmio, el cobalto y otros, además de integrar una frita de vidrio de silicato de plomo en su composición. En los últimos años, muchos de estos pigmentos metálicos han sido reemplazados por colorantes menos tóxicos. En los casos en los que todavía se utilizan los metales pesados, pueden aplicarse los de menor toxicidad (p. ej., cromo III en lugar de cromo VI).

Los filamentos de tungsteno helicoidales continúan fabricándose enrollando el tungsteno alrededor de un mandril de acero o molibdeno. Una vez formada y sinterizada la espiral, los mandriles se disuelven utilizando ácido hidrocórico (para el acero) o una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico para el molibdeno. Dado que existe la posibilidad de exposición al ácido, este trabajo se realiza por regla general dentro de sistemas con cubierta y, más recientemente, en recintos de disolución totalmente aislados (sobre todo si se utiliza la mezcla de ácido nítrico y sulfúrico).

Los gases de relleno para las lámparas halógenas de tungsteno se introducen en ellas dentro de sistemas totalmente cerrados con escasa exposición o pérdida. El uso del bromuro de hidrógeno plantea sus propios problemas debido a su naturaleza corrosiva. Es preciso disponer de VAL y de una canalización resistente a la corrosión para los sistemas de suministro de gases. El hilo de tungsteno toriado (por lo común, entre un 1 y un 2 % de torio) sigue utilizándose en algunos tipos de lámparas. Sin embargo, el riesgo que entraña el torio en forma de hilo es escaso.

El dióxido de azufre debe controlarse cuidadosamente. En todos los lugares donde se añada este material al proceso es preciso utilizar sistemas de VAL. También es útil la instalación de detectores de fugas en los almacenes. Las bombonas de gas de 75 kg son preferibles a los grandes contenedores de 1.000 kg, debido a las posibles consecuencias catastróficas de una liberación en cantidades elevadas.

La irritación cutánea es un riesgo que entrañan los fundentes de soldadura o de las resinas utilizadas en el cemento de sustentación. En algunos cementos de sustentación se utiliza paraformaldehído en lugar de resinas naturales, que da lugar a una posible exposición al formaldehído durante la solidificación del cemento de sustentación.

Todas las lámparas utilizan un sistema de "adsorción" química, por el que el filamento se reviste de un determinado material antes del montaje. La finalidad del material adsorbente (getter) es reaccionar con cualquier residuo de humedad u

oxígeno que haya quedado en la lámpara una vez sellada, y eliminarlo. Entre los adsorbentes típicos cabe citar el nitruro de fósforo y las mezclas de polvos metálicos de aluminio y zirconio. Aunque el adsorbente de nitruro de fósforo es bastante benigno mientras actúa, la manipulación de los polvos metálicos de aluminio y zirconio puede constituir un riesgo por su inflamabilidad. Los adsorbentes se aplican en estado húmedo a un disolvente orgánico, pero si se derrama el material, los polvos metálicos secos pueden arder por fricción. Las llamas de metal deben apagarse con extintores de incendios especiales de clase D, y no con agua, espuma ni otros materiales habituales. Un tercer tipo de adsorbente incluye el uso de fosfamina o silano. Es posible incluir estos materiales a baja concentración en el relleno de gas de la lámpara, o añadirlos a la lámpara, a alta concentración y durante un instante, antes de introducir el último relleno de gas. Ambos materiales son muy tóxicos; si se utilizan en concentraciones altas, la fábrica contará con sistemas cerrados por completo con detectores de fugas y alarmas.

Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga, tanto los modelos de alta como de baja presión, son más eficaces que las lámparas incandescentes en cuanto a proporción luz/vatio. Las lámparas fluorescentes se han utilizado durante muchos años en edificios comerciales y cada vez se utilizan más en los hogares. Hace poco se han desarrollado versiones reducidas de las lámparas fluorescentes específicamente pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes.

Las lámparas de descarga de alta presión se han destinado durante mucho tiempo al alumbrado de calles y grandes superficies. También se están desarrollando versiones de menor vataje de estos productos.

Lámparas fluorescentes

Toman su nombre del polvo fluorescente utilizado para revestir la parte interna del tubo de vidrio. Este polvo absorbe la luz ultravioleta producida por el vapor de mercurio utilizado en la lámpara y la transforma y vuelve a emitir en forma de luz visible.

El vidrio utilizado en estas lámparas es parecido al de las incandescentes, empleándose vidrio de cal para el tubo, y vidrio plumboso para las monturas de cada extremo. Actualmente se utilizan dos familias diferentes de revestimientos fosfóricos. Los halofosfatos, a base de clorofluorofosfato de calcio o estroncio, son los más antiguos, cuyo uso se extendió a principios del decenio de 1950, año en que reemplazaron a los revestimientos fosfóricos a base de silicato de berilio. La segunda familia de revestimientos fosfóricos incluye los fabricados a partir de tierras raras, entre los que están el itrio, el lantano y otros. Este tipo de revestimientos fosfóricos suelen tener un espectro de emisión de banda estrecha y se utilizan combinados: por lo común, uno rojo, uno azul y uno verde.

Los revestimientos fosfóricos se mezclan con un aglomerante y quedan en suspensión en una mezcla orgánica o en una mezcla de agua y amoníaco, y se aplican al interior del tubo de vidrio. La suspensión orgánica utiliza acetato butílico, nafta/acetato butílico o xileno. Debido a las normativas en materia ambiental, las suspensiones a base de agua están reemplazando a las de base orgánica. Una vez aplicado el revestimiento, se seca en el tubo y se calienta éste a alta temperatura para eliminar el aglomerante.

En cada extremo de la lámpara se fija una montura. A continuación se introduce mercurio en la lámpara, lo cual se hace de varias maneras: aunque en algunas zonas el mercurio se añade de forma manual, lo normal es hacerlo automáticamente, con la lámpara montada en vertical o en horizontal. En las máquinas verticales, se cierra la montura del extremo inferior de la lámpara. Después se vierte el mercurio por arriba, se introduce

argón a baja presión y se cierra la montura superior, quedando la lámpara sellada por completo. En las máquinas horizontales, el mercurio se introduce por un lado mientras por el otro se hace el vacío en la lámpara. Se añade el argón a la presión adecuada y se sellan ambos extremos de la lámpara. Una vez sellada, se agregan los casquillos o bases en los extremos y se sueldan los hilos conductores a los contactos eléctricos.

Existen otros dos métodos para introducir el vapor de mercurio. En el primero, el mercurio va en un fleje impregnado, que lo libera al primer encendido de la lámpara. En el segundo, se utiliza mercurio líquido, pero dentro de una cápsula de vidrio fijada a la montura. La cápsula se rompe una vez sellada y vaciada la lámpara, liberando el mercurio.

Las lámparas fluorescentes compactas son versiones reducidas de la lámpara fluorescente normal; a veces se incluyen los circuitos electrónicos como componente integrado de la lámpara. Los fluorescentes compactos utilizan por lo común una mezcla de materiales fosfóricos a base de tierras raras. Algunos incorporan un cebador de descarga que contiene pequeñas cantidades de materiales radiactivos para ayudar al encendido de la lámpara. Estos cebadores de descarga suelen utilizar criptón-85, hidrógeno-3, promecio-147 o torio natural para suministrar lo que se denomina una corriente oscura, que ayuda a que la lámpara se encienda con mayor rapidez. Desde el punto de vista del consumidor resulta útil, ya que la lámpara se enciende de inmediato, sin parpadear.

Riesgos y precauciones

La fabricación de lámparas fluorescentes ha sufrido considerables cambios. El primer revestimiento fosfórico con berilio dejó de utilizarse en 1949, lo que eliminó un importante riesgo respiratorio durante la producción y utilización de estos materiales. En muchas operaciones, las suspensiones fosfóricas acuosas han reemplazado a las suspensiones orgánicas en el revestimiento de las lámparas fluorescentes, reduciendo la exposición de los trabajadores, así como la emisión de COV al medio ambiente. Las suspensiones acuosas sí comportan cierta exposición mínima al amoníaco, sobre todo durante la mezcla de las suspensiones.

El mercurio continúa siendo el material más problemático durante la fabricación de lámparas fluorescentes. Aunque las exposiciones son relativamente bajas excepto alrededor de las máquinas de extracción, existe la posibilidad de que los trabajadores situados alrededor de estas máquinas, los mecánicos que trabajan con ellas y los encargados de su limpieza sufran exposiciones significativas. Deberán utilizarse equipos de protección individual, como monos y guantes de trabajo, para evitar o limitar la exposición y, cuando sea necesario, protección respiratoria, sobre todo durante las actividades de mantenimiento y limpieza. Es esencial el establecimiento de un programa de control biológico (que incluya análisis de mercurio en orina) en las fábricas de lámparas fluorescentes.

Los dos sistemas fosfóricos que se producen en la actualidad emplean materiales que se consideran de toxicidad relativamente baja. Aunque diversos organismos públicos han establecido límites de exposición a algunos de los aditivos de los materiales fosfóricos base (como el bario, el plomo y el manganeso), estos componentes suelen presentarse en las composiciones en porcentajes relativamente bajos.

En los casquillos de las lámparas se utilizan resinas de fenol-formaldehído como aislantes eléctricos. El cemento suele contener resinas naturales y sintéticas, en las que es posible que haya irritantes cutáneos como el hexametileno-tetramina. Los equipos de mezcla y manipulación automatizados limitan las posibilidades de que estos materiales entren en contacto con la piel, limitando así la posibilidad de que se produzca irritación cutánea.

Lámparas de mercurio de alta presión

Existen dos tipos similares: los que sólo utilizan mercurio y los que mezclan éste con diversos haluros metálicos. El diseño básico de las lámparas es parecido. Ambos tipos utilizan un tubo de descarga de cuarzo que contiene el mercurio o la mezcla de mercurio/haluro. Este tubo de descarga va encerrado en una dura cubierta exterior de vidrio de borosilicatos, y se añade una base metálica para los contactos eléctricos. La cubierta exterior puede ser transparente o revestirse de un material difusor o fosfórico para modificar el color de la luz.

Las lámparas de mercurio sólo contienen mercurio y argón en el tubo de descarga. El mercurio, a alta presión, genera luz con un alto contenido de azul y ultravioleta. El tubo de descarga de cuarzo es totalmente transparente a la luz UV y, en el caso de que se rompa o se quite la cubierta exterior, constituye un potente foco de luz UV que puede producir quemaduras en la piel y en los ojos de las personas expuestas. Aunque la lámpara de mercurio típica continúa funcionando aunque se retire la cubierta, los fabricantes ofrecen también algunos modelos que dejan de funcionar en tal caso. Durante el servicio normal, el vidrio de borosilicatos de la cubierta exterior absorbe un alto porcentaje de la luz UV, de modo que la lámpara intacta no presente riesgos.

Debido al alto contenido de azul del espectro de la lámpara de mercurio, es frecuente revestir el interior de la cubierta con un material fosfórico intensificador del rojo, como el fosfato vanadato de itrio o un material similar.

Las lámparas de haluros metálicos contienen también mercurio y argón en el tubo de descarga, pero agregan haluros metálicos (por regla general, una mezcla de sodio y escandio, posiblemente con otros materiales). La adición de los haluros metálicos intensifica la luminosidad roja de la lámpara, lo que equilibra su espectro luminoso.

Riesgos y precauciones

Aparte del mercurio, como materiales posiblemente peligrosos empleados en la fabricación de lámparas de mercurio de alta presión cabe citar los revestimientos aplicados a las carcasas exteriores y los haluros añadidos a las lámparas de haluros metálicos. En algunos casos se trata de un sencillo difusor, igual que los utilizados en las lámparas incandescentes, y en otros, de un material fosfórico corrector del color, como el vanadato de itrio o el fosfato vanadato de itrio. Aunque parecido al pentóxido de vanadio, el vanadato se considera menos tóxico. Normalmente, la exposición a los haluros no es importante porque los haluros reaccionan a la humedad del aire y deben mantenerse en seco y en una atmósfera inerte durante su manipulación y mientras están en funcionamiento. Asimismo, aunque el sodio es un metal altamente reactivo, también necesita manipularse bajo una atmósfera inerte para evitar que se oxide el metal.

Lámparas de sodio

Actualmente se producen dos tipos de lámparas de sodio. Las lámparas de baja presión sólo contienen sodio metálico como fuente luminosa y producen una luz de un amarillo intenso. Las lámparas de sodio de alta presión utilizan mercurio y sodio para generar luz más blanca.

Las lámparas de sodio de baja presión tienen un tubo de vidrio, que contiene el sodio metálico, encerrado en un segundo tubo de vidrio.

Las lámparas de sodio de alta presión contienen una mezcla de mercurio y sodio dentro de un tubo de descarga de alúmina cerámica de gran pureza. Aparte de la composición del tubo de descarga, la construcción de la lámpara de sodio de alta presión es básicamente igual a la utilizada para las lámparas de mercurio y haluros metálicos.

Riesgos y precauciones

Existen algunos riesgos exclusivos de la fabricación de lámparas de sodio de alta o baja presión. En ambos tipos de lámparas, el sodio debe permanecer seco. El sodio metálico puro reacciona violentamente con el agua, produciendo hidrógeno y calor suficiente para arder. Si se deja el sodio metálico al descubierto, reaccionará con la humedad del aire, produciendo una capa de óxido en el metal. Para evitarlo, el sodio suele manipularse en cámaras con guantes bajo una atmósfera de nitrógeno seco o de argón. En fábricas de lámparas de alta presión, es necesario tomar precauciones adicionales para manipular el mercurio, parecidas a las que exigen las fábricas de lámparas de mercurio de alta presión.

Problemas ambientales y de salud pública

La eliminación de residuos y/o el reciclaje de lámparas de mercurio es un problema que ha sido objeto de gran atención en muchas zonas del mundo durante los últimos años. Aunque en el mejor de los casos se trata de una operación “equilibrada” desde el punto de vista de su coste, hoy día existen medios tecnológicos que permiten recuperar el mercurio de las lámparas fluorescentes y de las lámparas de descarga de alta presión. El término que más exactamente describe el reciclaje de los materiales de las lámparas en la actualidad es “recuperación”, ya que estos materiales raramente se reprocesan y se utilizan en la fabricación de nuevas lámparas. Por lo común, las piezas metálicas se emplean como chatarra. El vidrio recuperado se utiliza para fabricar fibra de vidrio o bloques de vidrio o como árido de pavimentación con cemento o asfalto. Tal vez el reciclaje sea la alternativa más económica, en función del lugar en el que se lleve a cabo y de su disponibilidad, así como de las opciones de vertido de residuos peligrosos o especiales.

Los estabilizadores utilizados en las instalaciones de lámparas fluorescentes contenían anteriormente condensadores que utilizan PCB como dieléctrico. Aunque se ha abandonado la fabricación de estabilizadores con PCB, es posible que muchos de los antiguos estabilizadores continúen en servicio debido a su larga esperanza de duración. Puede que se regule la eliminación de los estabilizadores con PCB como residuo peligroso o especial.

La fabricación de vidrio, en especial los vidrios de borosilicatos, constituye un foco importante de emisión de NO_x a la atmósfera. Recientemente, se ha utilizado oxígeno puro en lugar de aire con quemadores de gas como medio para reducir las emisiones de NO_x.

● FABRICACION DE APARATOS ELECTRODOMESTICOS

N. A. Smith y W. Klost*

La industria de los electrodomésticos se ocupa de la fabricación de muchos equipos para distintas aplicaciones: audiovisual, cocina, calefacción y preparación y almacenamiento (refrigeración) de alimentos. La producción y fabricación de tales aparatos comprende muchos procesos muy automatizados, con sus correspondientes riesgos para la salud y pautas patológicas.

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

Procesos de fabricación

Los materiales utilizados en la fabricación de aparatos electrodomésticos se dividen en las siguientes categorías:

1. metales utilizados por lo común para fabricar los conductores eléctricos de los cables y de la estructura y/o armazón de los aparatos;
2. materiales aislantes o dieléctricos utilizados para la prevención del contacto accidental con equipos eléctricamente activos;
3. pinturas y acabados;
4. productos químicos.

En la Tabla 81.2 se ofrecen ejemplos de materiales pertenecientes a las cuatro categorías mencionadas.

A los materiales utilizados en la industria de los electrodomésticos se les exige el cumplimiento estricto de ciertos requisitos, como la capacidad de soportar la manipulación que posiblemente se produzca durante su normal funcionamiento, la capacidad de soportar la fatiga de los metales y la capacidad de no verse afectados por ningún otro proceso o tratamiento que pueda hacer peligroso el empleo del aparato inmediatamente o después de un período prolongado de tiempo.

Los materiales utilizados en la industria suelen recibirse en la fase de montaje de los aparatos, una vez pasados varios procesos de fabricación, cada uno de los cuales probablemente tenga sus propios riesgos y problemas para la salud. De ello se ocupan a fondo los capítulos correspondientes de la presente *Enciclopedia*.

Los procesos de fabricación varían según el producto, pero en general siguen los flujos de producción ilustrados en la Figura 81.5. Este gráfico también ilustra los riesgos asociados a los diferentes procesos.

Problemas de salud y seguridad**Incendio y explosión**

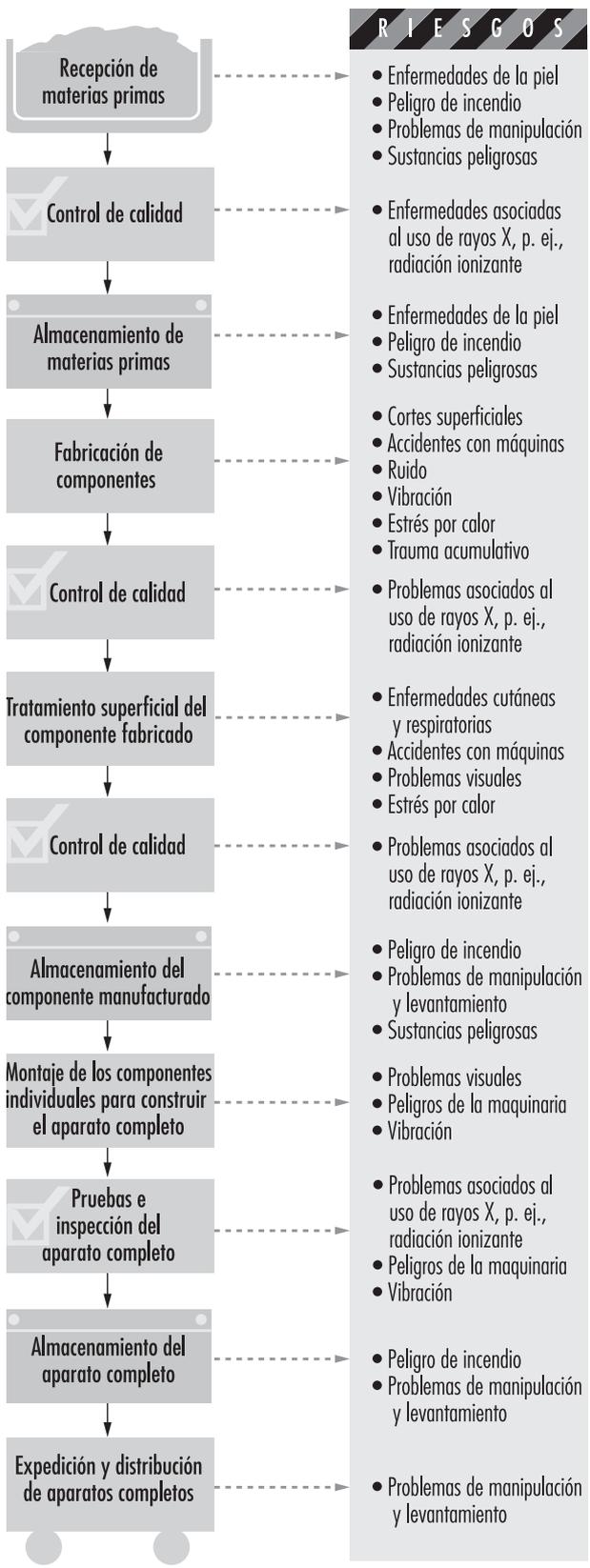
Muchos de los disolventes, las pinturas y los aceites aislantes utilizados en la industria son sustancias inflamables, por lo que deben almacenarse en locales adecuados, frescos y secos, a ser posible en un edificio a prueba de incendios independiente de la instalación de producción. Los contenedores han de estar claramente etiquetados, y las diferentes sustancias separadas o almacenadas de forma independiente, según lo requieran sus temperaturas de inflamabilidad y su clase de riesgo. En el caso de los materiales aislantes y plásticos, es importante obtener información sobre la combustibilidad o características en caso de incendio de cada nueva sustancia utilizada. El zirconio en polvo, que se emplea en

Tabla 81.2 • Ejemplos de materiales utilizados en la fabricación de aparatos electrodomésticos.

Metales	Dieléctricos	Pinturas/acabados	Productos químicos
Acero	Materiales inorgánicos (p. ej., mica)	Pinturas	Ácidos
Aluminio	Plásticos (p. ej., PVC)	Lacas	Alcalis
Plomo	Caucho	Barnices	Disolventes
Cadmio	Materiales silicoorgánicos	Tratamientos anticorrosión	
Mercurio	Otros polímeros (p. ej., nailón)		

Nota: el plomo y el mercurio se utilizan cada vez menos en la fabricación de electrodomésticos.

Figura 81.5 • Orden habitual de los procesos de fabricación y riesgos probables.



cantidades importantes en la industria actual, entraña también un riesgo de incendio.

La cantidad de sustancias inflamables que sale de los almacenes ha de ser la mínima necesaria para la producción. Cuando se decantan líquidos inflamables pueden formarse cargas de electricidad estática y, por consiguiente, todos los contenedores deben tener toma de tierra. Es esencial que se cuente con aparatos de extinción de incendios y que el personal del almacén reciba formación sobre su utilización.

Los componentes suelen pintarse en cabinas construidas al efecto, que deben disponer de equipos de ventilación y extracción adecuados para proporcionar, en combinación con los equipos de protección individual (EPI), un ambiente de trabajo seguro.

Las operaciones de soldadura requieren precauciones especiales contra incendios.

Accidentes

La recepción, el almacenamiento y la expedición de materias primas, componentes y productos terminados puede dar lugar a accidentes por tropezones y caídas, desplomes de objetos, carretillas elevadoras, etcétera. La manipulación manual de materiales causa también problemas ergonómicos, que se evitan automatizándola siempre que sea posible.

Como en la industria se emplean numerosos procesos diferentes, los riesgos de accidente varían de un taller a otro de la fábrica. Durante la producción de componentes, el uso de máquinas-herramientas, prensas automáticas, máquinas de moldeo de plásticos por inyección, etcétera, puede comportar riesgos y es esencial instalar defensas eficaces en la maquinaria. Durante las operaciones de galvanoplastia deben tomarse precauciones contra las salpicaduras de materiales corrosivos. Durante el montaje de componentes, el constante movimiento de éstos de un proceso a otro entraña un alto riesgo de accidentes debidos a los equipos mecánicos de manipulación y transporte en planta.

Las pruebas de control de calidad no comportan problemas especiales de seguridad. Sin embargo, las pruebas de funcionamiento requieren precauciones especiales, ya que suelen realizarse con aparatos semiterminados o sin aislar. Es preciso proteger todos los componentes, conductores, bornes e instrumentos de medición con tensión eléctrica durante la realización de pruebas eléctricas, para evitar así contactos accidentales. El lugar de trabajo deberá protegerse mediante pantallas, se prohibirá la entrada de personas no autorizadas y se colocarán letreros de advertencia. En las zonas de pruebas eléctricas, es especialmente aconsejable instalar interruptores de emergencia, situados en una posición destacada para que todos los equipos puedan desexcitarse de inmediato en caso de emergencia.

Existen normas de protección radiológica para los aparatos de pruebas que emiten rayos X o que contienen sustancias radiactivas. Un supervisor competente deberá responsabilizarse del cumplimiento de estas normas.

Existen riesgos especiales en el uso de gases comprimidos, equipos de soldadura, aparatos de rayos láser, plantas de impregnación, equipos de pulverización de pinturas, hornos de recocido y revenido e instalaciones eléctricas de alta tensión.

Es esencial aplicar programas adecuados de bloqueo y de colocación de carteles de advertencia durante todas las actividades de reparación y mantenimiento.

Riesgos para la salud

Las enfermedades profesionales asociadas a la fabricación de electrodomésticos son relativamente escasas y no suelen estar

consideradas como graves. Los problemas que plantea este sector vienen tipificados por:

- el desarrollo de enfermedades cutáneas debido al uso de disolventes, aceites de corte, endurecedores utilizados con resinas epoxídicas y bifenilos policlorados (PCB);
- el principio de silicosis debida a la inhalación de sílice y arena de chorreo (aunque la arena está siendo paulatinamente reemplazada por agentes de chorreo menos tóxicos, como el corindón o gránulos o bolitas de acero);
- los problemas de salud provocados por la inhalación de vapores de disolventes en las operaciones de pintura y desengrasado, y la intoxicación por plomo derivada del uso de esmaltes y pigmentos de plomo, etc.;
- diversos niveles de ruido producidos durante los procesos.

Siempre que sea posible, los compuestos clorados y los disolventes altamente tóxicos se reemplazarán por sustancias menos peligrosas; bajo ninguna circunstancia deberán emplearse el benceno ni el tetracloruro de carbono como disolventes. La intoxicación por plomo se evita utilizando materiales o técnicas que ofrezcan mayor seguridad y con la estricta aplicación de procedimientos de trabajo seguros, higiene personal y vigilancia médica. Si existe peligro de exposición a concentraciones peligrosas de contaminantes atmosféricos, deberá controlarse con periodicidad el aire interior del lugar de trabajo, y tomar medidas como la instalación de un sistema de extracción cuando sea necesario. El peligro del ruido se reduce encerrando los focos de ruido, utilizando materiales insonorizantes en los cuartos de trabajo o utilizando protecciones auditivas personales.

En las fases de diseño y planificación de nuevas plantas u operaciones deberá contarse con los técnicos de seguridad y médicos industriales, así como eliminarse los riesgos de los procesos o máquinas antes de ponerlos en marcha, tras lo cual ha de hacerse una inspección periódica de máquinas, herramientas, equipos de transporte, aparatos de extinción de incendios, talleres y zonas de pruebas, etcétera.

La participación de los trabajadores en el programa de seguridad es esencial, y los supervisores deberán cerciorarse de que disponen de equipos de protección individual y de que los emplean siempre que sea necesario. Especial atención merece la formación de los trabajadores nuevos en materia de seguridad, ya que la tasa de accidentes es relativamente alta en su caso.

Los trabajadores deben pasar un examen médico previo a la colocación y, si existe la posibilidad de una exposición peligrosa, los exámenes periódicos que sean necesarios.

Muchos procesos de producción de componentes individuales comportan el rechazo de material de desecho (p. ej., la viruta de rectificado de chapas o barras metálicas) y la eliminación de dichos materiales ha de realizarse de acuerdo con los requisitos de seguridad. Además, si no es posible devolver dichos residuos de proceso al productor o fabricante para su reciclaje, entonces su eliminación deberá realizarse siguiendo procesos autorizados a fin de evitar la contaminación del medio ambiente.

● CUESTIONES AMBIENTALES Y DE SALUD PUBLICA

N. A. Smith

Los principales problemas ambientales asociados a la fabricación de equipos y aparatos eléctricos comprenden la contaminación y el tratamiento de los materiales desechados durante los procesos de fabricación, junto con el reciclaje, siempre que sea posible, del producto completo una vez alcanzado el final de su vida útil.

Pilas y baterías

Debe evitarse en la medida de lo posible la emisión a la atmósfera de aire contaminado con ácidos, álcalis, plomo, cadmio y otros materiales potencialmente nocivos, así como la contaminación provocada por el agua procedente de la fabricación de pilas y baterías y, cuando esto no sea posible, se precisan controles que garanticen el cumplimiento de la legislación vigente.

El empleo de pilas y baterías implica problemas para la salud pública. Las pilas alcalinas o acumuladores de plomo abiertos puede provocar quemaduras a causa del electrólito. La recarga de grandes acumuladores de plomo produce hidrógeno, que entraña riesgo de incendio y explosión en recintos cerrados. La liberación de cloruro de tionilo o dióxido de azufre de las grandes pilas de litio puede comportar exposición al dióxido de azufre, a nieblas de ácido hidroclórico, a litio inflamado, etcétera, y ha provocado al menos un fallecimiento (Ducatman, Ducatman y Barnes 1988). La fabricación de estas pilas también entraña riesgos.

Los fabricantes de pilas y baterías se han sensibilizado con respecto al problema cada vez mayor que constituye para el medio ambiente el vertido y la incineración de pilas con metales pesados tóxicos. Las fugas de metales tóxicos procedentes de vertederos o de las chimeneas de las incineradoras de residuos pueden contaminar el aire y las aguas. Por consiguiente, los fabricantes han reconocido la necesidad de reducir, en especial, el contenido de mercurio de las pilas hasta los límites admisibles por la tecnología moderna. La campaña de eliminación del mercurio fue anterior a la legislación de la Unión Europea, la Directiva comunitaria en materia de pilas y baterías.

El reciclaje es otro modo de abordar la contaminación ambiental. Las pilas de níquel-cadmio pueden reciclarse con relativa facilidad. La recuperación del cadmio es muy ventajosa, ya que vuelve a utilizarse en la fabricación de pilas de níquel-cadmio. El níquel se utiliza en la industria del acero. Los datos económicos iniciales reflejan que el reciclaje de pilas de níquel-cadmio no era rentable, pero es de esperar que los avances tecnológicos mejoren la situación. Las pilas de óxido mercúrico, comprendidas en la Directiva comunitaria en materia de pilas y baterías, se han utilizado sobre todo en audífonos y están siendo reemplazadas, por regla general, por pilas de litio o zinc-aire. Las pilas de óxido de plata se reciclan, sobre todo en la industria de la joyería, debido al valor del contenido de plata.

Al reciclar materiales nocivos, es preciso tener el mismo cuidado que durante los procesos de fabricación. Por ejemplo, cabe la posibilidad de que los trabajadores queden expuestos al vapor de mercurio y al óxido de plata durante el reciclaje de las pilas de plata.

La reparación y el reciclaje de los acumuladores de plomo no sólo puede provocar intoxicación por plomo entre los trabajadores, y a veces sus familias, sino también una amplia contaminación del medio ambiente (Matte y cols. 1989). En muchos países, sobre todo en los del Caribe y América Latina, las placas de plomo de las baterías de los automóviles se queman a fin de producir óxido de plomo para esmaltes cerámicos.

Fabricación de cables eléctricos

La fabricación de cables eléctricos tiene tres focos principales de contaminación: los vapores de los disolventes, la posible liberación de diisocianato de tolueno por la fabricación de hilos metálicos esmaltados y las emisiones al medio ambiente durante la fabricación de los materiales utilizados en los cables. Todo ello requiere controles ambientales apropiados.

Fabricación de lámparas eléctricas

Los principales problemas ambientales en este campo son la eliminación de los residuos y/o el reciclaje de las lámparas de

mercurio y la eliminación de los PCB de los estabilizadores de las lámparas fluorescentes. La fabricación de vidrio también puede ser un foco de emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera.

Electrodomésticos

Como la industria de los electrodomésticos es en gran medida una industria de montaje, los problemas ambientales son

mínimos, siendo la principal excepción las pinturas y los disolventes utilizados como revestimientos superficiales. Es preciso implantar medidas de control de la contaminación de acuerdo con las normas en materia de medio ambiente.

El reciclaje de los aparatos eléctricos comporta la separación de los equipos recuperados en los diferentes materiales, como el cobre y el acero bajo en carbono, que pueden reutilizarse. De ello se ocupan otros capítulos de la presente *Enciclopedia*.

Referencias

Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). 1992. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, Vol. 54. Lyon: IARC.

Ducatman, AM, BS Ducatman, JA Barnes. 1988. Lithium battery hazard: Old-fashioned planning implications of new technology. *J Occup Med* 30:309-311.

Health and Safety Executive (HSE). 1990. *Man-made Mineral Fibres*. Executive Guidance Note EH46. Londres: HSE.

Matte TD, JP Figueroa, G Burr, JP Flesch, RH Keenlyside, EL Baker. 1989. Lead exposure among lead-acid battery workers in Jamaica. *Amer J Ind Med* 16:167-177.

McDiarmid, MA, CS Freeman, EA Grossman and J Martonik. 1996. Biological monitoring results for cadmium exposed workers. *Amer Ind Hyg Assoc J* 57:1019-1023.

Roels, HA, JP Ghyselen, E Ceulemans, RR Lauwerys. 1992. Assessment of the permissible exposure level

to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust. *Brit J Ind Med* 49:25-34.

Telesca, DR. 1983. *A Survey of Health Hazard Control Systems for Mercury Use and Processing*. Report No. CT-109-4. Cincinnati, Ohio: NIOSH.

Wallis, G, R Menke, C Chelton. 1993. Workplace field testing of a disposable negative pressure half-mask dust respirator (3M 8710). *Amer Ind Hyg Assoc J* 54:576-583.

