

91

Director del capítulo
Franklin E. Mirer

Sumario

Industria del automóvil y el material de transporte
Franklin E. Mirer 91.2

● INDUSTRIA DEL AUTOMOVIL Y EL MATERIAL DE TRANSPORTE

Franklin E. Mirer

Perfil general

Dentro de la industria del automóvil y el material de transporte, pueden distinguirse los siguientes sectores:

- automóviles y vehículos de transporte ligeros
- camiones semipesados y pesados
- autobuses
- maquinaria agrícola y de construcción
- carretillas industriales
- motocicletas.

La cadena de montaje característica del vehículo terminado se apoya en diversas instalaciones en las que se fabrican las piezas y componentes. Estos componentes pueden producirse en la empresa matriz o comprarse a otras empresas. La industria del automóvil tiene un siglo de existencia. La producción de los sectores norteamericano, europeo y (desde la segunda Guerra Mundial) japonés se ha ido concentrando en un puñado de empresas que mantienen actividades de montaje en América del Sur, África y Asia para las ventas a estos mercados. El comercio internacional de vehículos terminados ha crecido intensamente desde el decenio de 1970, y el tráfico comercial de material

original y de piezas de recambio procedentes de países en desarrollo es cada vez más importante.

La fabricación de camiones pesados, autobuses y maquinaria agrícola y de construcción

es una actividad distinta de la producción de automóviles, aunque algunos constructores de automóviles fabrican para ambos mercados y hay empresas que producen tanto maquinaria agrícola como de construcción. En estas líneas de productos se utilizan grandes motores diesel en lugar de motores de gasolina. Los ritmos de producción son normalmente más lentos, los volúmenes pequeños y los procesos menos mecanizados.

Los tipos de instalaciones, los procesos de producción y los componentes habituales en relación con los automóviles se indican en la Tabla 91.1. La Figura 91.1 presenta el diagrama de flujo típico de la producción de automóviles. En este sector se distinguen varias actividades industriales: montaje de vehículos de motor y sus carrocerías, montaje de carrocerías de camiones y autobuses, piezas y accesorios de vehículos de motor, fundición de hierro y acero, fundición de metales no féreos, estampación de componentes de automóviles, forja de hierro y acero, equipo eléctrico para motores, adornos, tapicería y guarnecidos, y otras. El número de personas que trabajan en la fabricación de piezas es superior al de las que trabajan en el montaje. Todos estos procesos se apoyan en actividades de diseño de los vehículos y de construcción y mantenimiento de la planta y el equipo, así como en departamentos de administración y dirección, y en un departamento de distribución y reparaciones. En Estados Unidos, el número de personas que trabajan en concesionarios, estaciones de servicio y centros mayoristas de venta de piezas de recambio para automóviles, duplica al de las que se dedican a actividades de fabricación.

Las plantillas suelen ser predominantemente masculinas. En Estados Unidos, por ejemplo, la proporción de hombres es de un 80 %. La tasa de empleo femenina es más alta en trabajos de tapicería y otros de tipo ligero. Las oportunidades de acceso del trabajo manual a puestos de trabajo administrativo, técnico y profesional son limitadas, si bien, los supervisores de cadenas de montaje suelen proceder de las unidades de producción y mantenimiento. Un 20 % de los trabajadores pertenecen a oficios especializados, aunque la proporción varía considerablemente, desde menos del 10 % en las operaciones de montaje hasta casi el 50 % en las de estampación. Debido a las contracciones de los niveles de empleo en el decenio de 1980, la edad media de los trabajadores a finales del decenio de 1990 excede de los 45 años, generalizándose la contratación de nuevos trabajadores únicamente a partir de 1994.

Principales sectores y procesos

Fundición de metales féreos

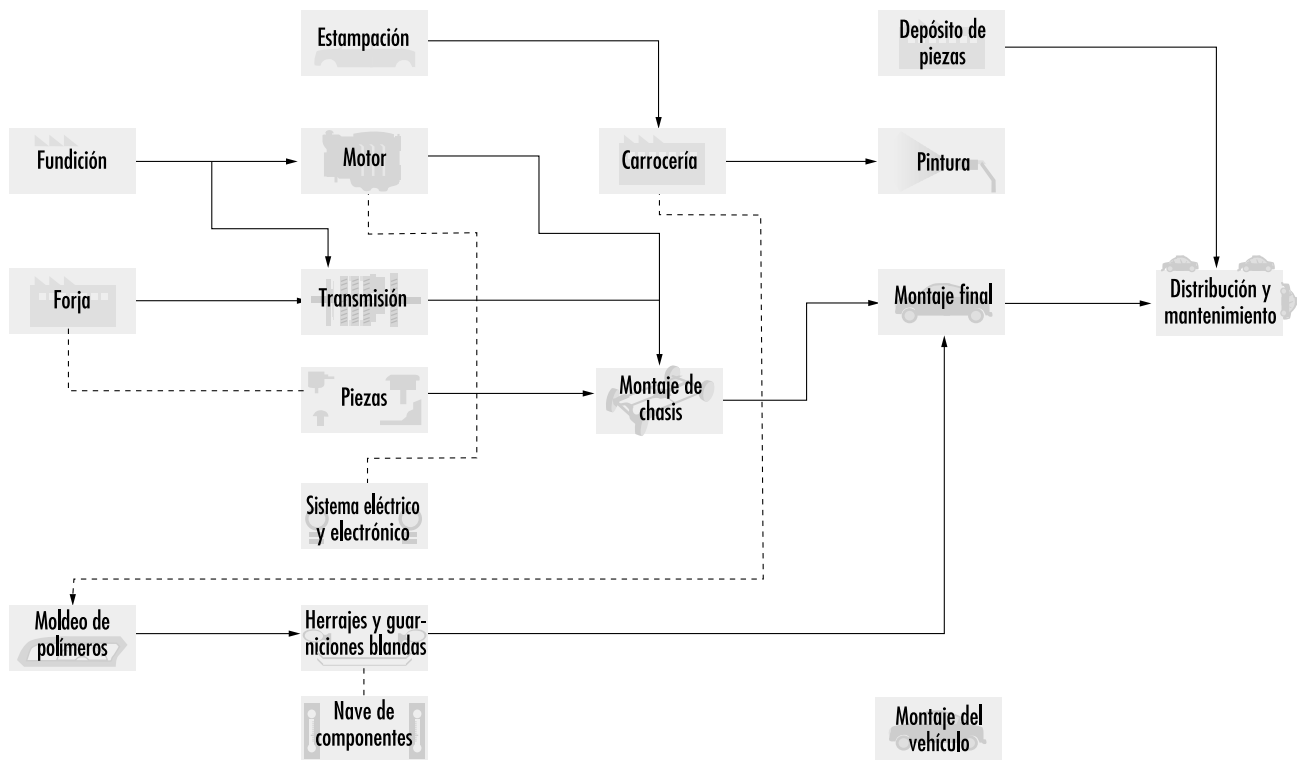
La fundición, o colada de metales, consiste en el vertido de metal fundido en una cavidad de un molde resistente al calor, que tiene la forma exterior, o negativa, del modelo del objeto metálico deseado. El molde puede contener un macho para determinar las dimensiones de una cavidad interna en el objeto metálico final. El trabajo de fundición consta de los siguientes pasos básicos:

- confección de un modelo del artículo deseado en madera, metal, plástico u otro material;
- confección del molde vertiendo arena y un aglomerante alrededor del modelo, y compactándola o dejando que se endurezca;
- extracción del modelo, introducción de cualquier macho necesario y montaje del molde;
- fusión y afino del metal en un horno;

Tabla 91.1 • Procesos de producción para la fabricación de automóviles.

Tipo de instalación	Producto y proceso
Fundición férrea	Piezas de fundición para formar bloques y culatas de motores, y otros componentes, mediante mecanizado
Fundición de aluminio, convencional e inyectada	Bloques y culatas de motores, cárteres de transmisiones, otros componentes de fundición
Forja y tratamiento térmico	Piezas premecanizadas para motores, suspensiones y transmisiones
Estampación	Paneles y subconjuntos de carrocerías
Motor	Mecanizado de piezas de fundición, ensamblaje para formar el producto acabado
Transmisión	Mecanizado de piezas de fundición y de forja, ensamblaje para formar el producto
Vidrio	Parabrisas, ventanillas laterales y luces traseras
Piezas de automóviles	Mecanizado, estampación y montaje, incluyendo frenos, piezas de la suspensión, calefacción y aire acondicionado, equipo de control de la contaminación, alumbrado del vehículo
Eléctrica y electrónica	Sistemas de encendido, radios, motores, unidades de control
Herrajes y guarniciones rígidas	Paneles exteriores de la carrocería moldeados en polímero, componentes embellecedores
Guarniciones y equipamiento blandos	Cojines de asientos, respaldos, conjuntos de salpicadero, paneles interiores de la carrocería
Montaje del vehículo	Taller de carrocería, pintura, montaje del chasis, montaje final
Depósitos de piezas	Almacenamiento, pintura y montaje de piezas, embalaje y expedición

Figura 91.1 • Diagrama de flujo de la producción de automóviles.



- colada del metal fundido en el molde;
- enfriamiento de la pieza metálica fundida;
- separación del molde y el macho de la pieza metálica fundida por el procedimiento de extracción con punzón (si se trata de piezas pequeñas) y mediante rejillas vibrantes (extracción por vibración) o chorro de agua abrasiva,
- eliminación del metal sobrante (por ej., el metal del bebedero, esto es, el canal por el que el metal fundido entra en el molde) y la arena calcinada de la pieza de fundición terminada (limpieza o eliminación de rebabas) mediante chorreado con granalla de acero, picado manual y esmerilado.

Los talleres de fundición de metales férreos son característicos de la industria del automóvil, para la cual producen bloques, culatas y otros componentes del motor. Hay dos tipos básicos de talleres de este tipo: las fundiciones de hierro gris y las de hierro dúctil. Las fundiciones de hierro gris utilizan chatarra de hierro o arrabio (lingotes nuevos) para hacer piezas de fundición de hierro normales. Las fundiciones de hierro dúctil añaden magnesio, cerio u otros aditivos (denominados generalmente *aditivos de cuchara*) a las cucharas de metal fundido antes de la colada para hacer piezas de fundición nodular o maleable. Los diferentes aditivos tienen poca influencia en las exposiciones que se producen en los lugares de trabajo.

Normalmente, en los talleres de fundición se utilizan cubilotes o bien hornos de inducción. Un cubilote es un horno alto vertical, abierto por arriba, con puertas de bisagras en la parte inferior. Se carga por la parte superior con capas alternas de coque, caliza y metal; el metal fundido se extrae por el fondo. El horno de inducción funde el metal haciendo circular una corriente eléctrica de elevada intensidad por unas bobinas de cobre situadas en la parte exterior. Con ello se induce una corriente eléctrica en los bordes exteriores de la carga metálica, calentándose el metal debido a la alta resistencia eléctrica de

esta carga. La fusión se desarrolla desde el exterior de la carga hacia el interior.

Los moldes se suelen hacer de arena húmeda (arena silíceo, polvo de carbón, arcilla y aglomerantes orgánicos), la cual se vierte alrededor del modelo, compuesto normalmente por dos partes, y después se compacta. Esta tarea puede hacerse de forma manual o mecánica sobre una cinta transportadora. A continuación, se retira el modelo y se ensambla el molde mecánica o manualmente. El molde debe tener un bebedero.

Si la pieza ha de tener un hueco en el interior, se introduce un macho en el molde. Los machos pueden hacerse de resinas termoestables de fenol-formaldehído (o similares) mezcladas con arena, que después se calienta (método de la *caja caliente*), o de mezclas de uretano y arena solidificadas con aminas, que se endurecen a temperatura ambiente (método de la *caja fría*). La mezcla de resina y arena se vierte en una caja de machos que tiene una cavidad con la forma deseada para el macho.

Los productos de fundición gris suelen ser piezas grandes, como bloques de motores. Con el tamaño aumentan los peligros físicos del trabajo y la dificultad de los problemas de control del polvo.

Contaminantes atmosféricos en los procesos de fundición

Polvo con sílice. En las operaciones de acabado, desmoldeo por vibración y extracción, moldeo y confección de machos, y en el mantenimiento del sistema de arena y del departamento de fundición, se encuentra polvo con sílice. En estudios de muestras de aire realizados durante el decenio de 1970, se encontraron habitualmente exposiciones a sílice varias veces superiores al nivel permisible, sobre todo en el acabado. Las exposiciones eran mayores en las fundiciones de producción mecanizada que en los talleres de tipo artesanal. Se ha conseguido reducir los niveles con medidas de mejora de control, como el confinamiento y ventilación por extracción de los sistemas de arena, y el desmoldeo por

vibración, la mecanización y las mediciones periódicas de higiene industrial. Para la mayoría de las operaciones que se realizan en los talleres existen sistemas de ventilación de diseño estándar. En las operaciones de acabado persisten exposiciones superiores a los límites normales, debido a una retirada inadecuada de la arena después de la vibración y a la calcinación de la sílice en la superficie de las piezas fundidas.

Monóxido de carbono. Durante el mantenimiento de los cubilotes y con ocasión de las perturbaciones de la ventilación de los procesos se registran niveles de monóxido de carbono extremadamente peligrosos. También pueden observarse niveles excesivos en los túneles de enfriamiento. Se han asociado asimismo exposiciones a monóxido de carbono a la fusión en cubilotes y a la combustión del material de carbono contenido en los moldes de arena húmeda. Igualmente puede producirse exposición a dióxido de azufre de origen desconocido, debido quizá a la presencia de contaminantes de azufre en el molde.

Humos metálicos. En las operaciones de fusión y colada se producen humos metálicos. Para extraerlos hay que instalar campanas compensadoras encima de los puestos de colada. De vez en cuando se observan exposiciones excesivas a humos de plomo en talleres de fundición de hierro, y de forma generalizada en los de fundición de latón; los humos de plomo en la fundición gris provienen de la contaminación con plomo de la chatarra de hierro utilizada como materia prima.

Otros peligros químicos y físicos. En la fabricación de machos y en los productos de la combustión de éstos pueden encontrarse formaldehído, vapores de aminas y productos de pirólisis de isocianatos. En la industria del automóvil es característica la fabricación de machos a gran escala. A mediados del decenio de 1960, la confección de machos de fenol-formaldehído en caja caliente sustituyó a la de machos de aceite y arena, produciéndose importantes exposiciones al formaldehído que, a su vez, determinaron un aumento de los riesgos de irritación respiratoria, anomalías de la función pulmonar y cáncer de pulmón. La protección exige la ventilación por extracción local (VEL) en la máquina de machos, en los puestos de comprobación de machos y en la cinta transportadora, y el empleo de resinas de baja emisión. Cuando se ha sustituido la fabricación de machos de fenol-formaldehído por sistemas de poliuretano endurecido con aminas en caja fría, se requiere un mantenimiento eficaz de las juntas de la caja de machos, y VEL si los machos se almacenan antes de su introducción en el molde, a fin de proteger a los trabajadores de los efectos oculares de los vapores de aminas.

Los operarios que trabajen en estas zonas deben someterse, antes del empleo y después periódicamente, a exploraciones médicas que incluyan una radiografía de tórax, que debe ser examinada por un experto, una prueba de función pulmonar y un cuestionario de síntomas, ya que éstos son esenciales para detectar signos precoces de neumoconiosis, bronquitis crónica y enfisema. Han de realizarse audiometrías periódicas, dado que la protección auditiva suele ser ineficaz.

En procesos tales como la carga del horno, la extracción mecánica de machos, el desmoldeo y la expulsión de piezas fundidas y la eliminación de rebabas con herramientas neumáticas se dan altos niveles de ruido y vibración.

Los procesos de fundición generan un intenso calor. La carga de calor radiante en la fusión, la colada, el desmoldeo por vibración, la expulsión de machos y la eliminación de bebederos, requiere la adopción de medidas de protección especiales. Entre de estas medidas destaca la concesión de un tiempo de descanso (tiempo fuera del puesto de trabajo) como práctica común. En los meses calurosos de verano suele concederse asimismo un tiempo de descanso adicional. Los trabajadores deben llevar ropa protectora contra el calor y protección ocular y facial para prevenir la formación de cataratas. La existencia de zonas de

descanso climatizadas cerca de la zona de trabajo mejora el valor protector del descanso térmico.

Fundición de aluminio

La fundición de aluminio (fundición convencional e inyectada) se utiliza para la fabricación de culatas, cárteres de transmisión, bloques de motor y otros componentes de automóviles. En la fundición convencional, los productos se funden en moldes permanentes, con y sin machos de arena, aunque se ha introducido el proceso a la espuma perdida, en el cual el modelo de espuma de poliestireno no se extrae del molde sino que es vaporizado por el metal fundido. La fundición inyectada implica la introducción forzada a presión del metal fundido en moldes o matrices metálicos. Se utiliza para fabricar grandes cantidades de piezas pequeñas de precisión. Va seguida siempre de la eliminación de rebabas en una prensa de forja y de algunas operaciones de acabado. El aluminio puede fundirse in situ o entregarse ya fundido.

Pueden surgir riesgos por elevada pirólisis del macho. Se producen exposiciones a sílice en talleres de fundición de moldes permanentes cuando hay machos grandes. Para prevenir niveles de exposición peligrosos se requiere ventilación local en el desmoldeo.

Otras fundiciones no férreas

Se utilizan otros procesos de fundición no férrea inyectada y de recubrimiento electrolítico para producir acabados decorativos en distintos productos, herrajes y parachoques. El recubrimiento electrolítico es un proceso por el que se deposita un metal sobre otro mediante un procedimiento electroquímico.

Los adornos de metal brillante se hacían tradicionalmente con fundición inyectada de zinc, recubierta sucesivamente de cobre, níquel y cromo, y acabada después por pulimentación. También las piezas de los carburadores y de los inyectores de combustible son de fundición inyectada. La extracción manual de las piezas de las máquinas de fundición inyectada se sustituye cada vez más por la extracción mecánica, y las piezas metálicas brillantes se sustituyen por piezas metálicas pintadas y por piezas de plástico. Antes, los parachoques se fabricaban por estampación del acero, seguida de recubrimiento metálico, pero en los últimos años estos métodos se sustituyen cada vez más por el uso de polímeros.

El recubrimiento electrolítico con cromo, níquel, cadmio, cobre, etc. se realiza normalmente en talleres distintos, e implica la exposición, la inhalación o el contacto con vapores de los baños ácidos de recubrimiento. Se ha relacionado un aumento de la incidencia de cáncer con nieblas de ácido crómico y de ácido sulfúrico. Estas nieblas son también extremadamente corrosivas para la piel y el tracto respiratorio. Los baños de recubrimiento electrolítico deben disponer de etiquetas en las que se indique su contenido y sistemas especiales de ventilación local del tipo impelente-aspirante. Deben añadirse al líquido agentes tensoactivos antiespumantes para minimizar la formación de niebla. Los trabajadores deben llevar protección ocular y facial, protección para manos y brazos, y mandiles. Asimismo han de someterse a revisiones periódicas de salud.

La introducción y extracción de componentes en las cubas son operaciones muy peligrosas que cada vez están más mecanizadas. El pulido y buñido de componentes recubiertos electrolíticamente sobre bandas o discos de fieltro es agotador e implica la exposición a polvo de algodón, cáñamo y lino. El riesgo correspondiente puede minimizarse utilizando un aparato de sujeción o mecanizando el trabajo con máquinas pulidoras tipo "transfer".

Forja y tratamiento térmico

La forja en caliente y la forja en frío seguida de tratamiento térmico se utilizan en la industria del automóvil para la fabricación de piezas del motor, la transmisión y la suspensión, así como otros componentes

Tradicionalmente, la forja implicaba el calentamiento de tochos (barras) de hierro en hornos individuales caldeados con fueloil, situados cerca de martinets de vapor accionados individualmente. Luego se colocaba el hierro caliente en la mitad inferior de una estampa, o matriz, metálica cuya mitad superior estaba unida al martinete. El hierro adquiría el tamaño y la forma deseados mediante múltiples impactos del martinete. En la actualidad, estos procesos se sustituyen por el calentamiento por inducción de los tochos, los cuales se trabajan en prensas de forja que utilizan presión en lugar de impactos para conformar la pieza metálica, y recaladoras, o por la forja en frío seguida de tratamiento térmico.

El proceso de forja es extremadamente ruidoso. La exposición al ruido puede reducirse sustituyendo los hornos de fueloil por dispositivos de calentamiento por inducción, y los martinets por prensas de forja y recaladoras. El proceso también produce humos. Los procedimientos del fueloil pueden reducirse modernizando el horno.

La forja y el tratamiento térmico son operaciones que producen intenso calor. Para reducir el estrés por calor se requiere la refrigeración puntual mediante la circulación de aire renovado por encima de los trabajadores en las zonas de proceso.

Mecanizado

Es típico de la industria del automóvil el mecanizado para la producción a gran escala de bloques de motor, cigüeñales, transmisiones y otros componentes. Las operaciones de mecanizado se llevan a cabo en diversas instalaciones y constituyen el proceso predominante en la fabricación de estas piezas. En ellas se producen componentes tales como árboles de levas, engranajes, satélites de diferencial y tambores de freno. Los puestos de mecanizado de un solo operario se sustituyen cada vez más por máquinas de varios puestos, células de mecanizado y cadenas "transfer" de hasta 200 metros de longitud. Los aceites solubles y los refrigerantes sintéticos y semisintéticos se imponen cada vez más a los aceites puros.

En las operaciones de mecanizado son comunes las lesiones por cuerpos extraños; las principales medidas preventivas al respecto son el aumento de la mecanización en la manipulación de materiales y el uso de equipo de protección individual. El desarrollo de la automatización, en especial las cadenas transfer de gran longitud, implica un mayor riesgo de traumatismos agudos; los programas preventivos se basan en la mejora de los resguardos de las máquinas y el bloqueo de la alimentación de energía.

Entre las medidas de control de máximo nivel contra la niebla de refrigerante deben destacarse el confinamiento total de los puestos de mecanizado y de los sistemas de circulación de líquido; la ventilación local por extractores, con evacuación al exterior o recirculación del aire extraído, siempre a través de un filtro de alto rendimiento; los controles del sistema de refrigeración para reducir la formación de niebla, y el mantenimiento del refrigerante para controlar los microorganismos. Debe prohibirse la adición de nitrito a los líquidos que contienen aminas, por el riesgo de producción de nitrosoamina. No deben usarse aceites con elevado contenido de hidrocarburos polinucleares aromáticos (HPA).

En la cementación, revenido, baños de sales de nitrato y otros procesos de tratamiento térmico del metal en los que se utilizan hornos y atmósferas controladas, el microclima puede ser

sofocante y puede haber diversas sustancias tóxicas en el aire (por ej., monóxido de carbono, dióxido de carbono, cianuros).

Los operarios de las máquinas y los trabajadores que manejan residuos de mecanizado y centrifugan aceite de corte antes de su filtrado y regeneración están expuestos a dermatitis. Deben facilitárseles mandiles resistentes al aceite y hay que recomendarles que se laven completamente al finalizar el turno.

El esmerilado y el afilado de herramientas pueden presentar peligro de enfermedad por metal duro (enfermedad pulmonar intersticial) a menos que se mida y controle la exposición al cobalto. Las muelas deben llevar pantallas protectoras, y los esmeriladores han de usar protección ocular y facial y equipo de protección respiratoria.

Normalmente, las piezas mecanizadas se ensamblan para formar un componente terminado, con los consiguientes peligros ergonómicos. En las secciones de montaje de motores, las pruebas y el rodaje de éstos deben realizarse en estaciones provistas de equipos de evacuación de gases de escape (monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos no quemados, aldehídos, óxidos de nitrógeno) y de instalaciones de control de ruido (cabinas con paredes fonoabsorbentes, placas de asiento aislantes). El ruido puede alcanzar niveles de hasta 100 a 105 dB con picos de 600 a 800 Hz.

Estampación

La estampación de chapa metálica (de acero) para formar paneles de carrocería y otros componentes, a menudo combinada con el ensamblaje de subconjuntos por soldadura, se lleva a cabo en grandes instalaciones equipadas con prensas mecánicas grandes y pequeñas. Las prensas de carga y descarga individual se han ido sustituyendo por dispositivos mecánicos de extracción y más recientemente por mecanismos de transferencia alternativa que también pueden efectuar operaciones de carga, con lo que se obtienen cadenas de estampación totalmente automatizadas. La fabricación de subconjuntos tales como puertas y capós se realiza en prensas de soldadura por resistencia y, cada vez con más frecuencia, en celdas con transferencia de piezas robotizada.

El proceso principal es la estampación de la chapa de acero, fleje y partes ligeras en prensas mecánicas de 20 a 2.000 toneladas de capacidad.

La seguridad de las prensas modernas requiere la colocación de resguardos eficaces en la maquinaria, la prohibición de introducir las manos al trabajar entre las estampas (troqueles), la aplicación de órganos de mando de seguridad que incluyen los dispositivos de mando a dos manos diseñados para evitar la neutralización, la instalación de embragues de revolución parcial y controladores de freno, el uso de sistemas automáticos de alimentación y expulsión, la recogida de recortes de metal de la prensa y el uso de equipo de protección individual, como mandiles y protección para los pies, piernas, manos y brazos. Deben desecharse las máquinas con embrague de revolución completa y dispositivos apartacuerpos o apartamanos, anti-cuados y peligrosos. La manipulación de acero laminado con grúas y la carga de los desenrolladores de bobinas de chapa antes del corte de piezas en bruto al principio de una cadena de estampación presenta un grave riesgo para la seguridad.

Los operarios que manejan las prensas están expuestos a elevados niveles de niebla producida por los lubricantes de embutición, cuya composición es similar a la de los líquidos de mecanizado, tales como aceites solubles. En la fabricación de conjuntos soldados se producen humos de soldadura. En la estampación, los niveles de exposición al ruido son muy elevados. Entre las medidas de control del ruido se incluye el uso de silenciadores en las válvulas neumáticas, revestimiento de las canaletas metálicas con material antivibración, insonorización de los carros portapiezas y aislamiento de las prensas; el punto

de operación de la prensa no es el punto principal de producción de ruido.

Después de la estampación, las piezas se ensamblan para formar subgrupos tales como puertas y capós, utilizando prensas de soldadura por resistencia. Entre los peligros químicos están los relacionados con humos de soldadura, procedentes principalmente de la soldadura por resistencia y de productos de pirólisis de los recubrimientos superficiales, como lubricantes de embutición y sellantes.

Paneles de carrocería y componentes embellecedores de plástico

Las piezas metálicas de adorno, tales como las molduras cromadas, se sustituyen cada vez más por materiales a base de polímeros. Las piezas rígidas de la carrocería pueden fabricarse con sistemas de poliestireno de poliéster reforzado con fibra de vidrio, sistemas termoestables de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) o polietileno. Los sistemas de poliuretano pueden ser de alta densidad para piezas de la carrocería tales como el morro, o de espuma de baja densidad para los asientos y el acolchado del habitáculo.

El moldeo de espuma de poliuretano plantea graves problemas de sensibilización respiratoria por inhalación de monómero de diisocianato y, posiblemente, de catalizadores. Las molestias persisten en operaciones que cumplen los límites de diisocianato de tolueno (DIT). Las exposiciones a cloruro de metileno por lavado a pistola pueden ser considerables. Los puestos de colada requieren confinamiento y ventilación por extracción local (VEL); los derrames de isocianato deben reducirse al mínimo mediante la instalación de dispositivos de seguridad, y limpiarse cuanto antes por personal cualificado. También los incendios en los hornos de secado son un problema en estas instalaciones. La fabricación de asientos produce fuertes cargas de estrés ergonómico, que pueden reducirse utilizando aparatos, especialmente para estirar la tapicería sobre los cojines.

La exposición al estireno por acumulación de fibra de vidrio debe controlarse mediante confinamiento de los depósitos de alfombrillas y ventilación por extracción local. El polvo producido por el esmerilado de piezas solidificadas contiene fibra de vidrio y también debe controlarse mediante ventilación.

Montaje del vehículo

El ensamblaje de los componentes para formar el vehículo terminado se lleva a cabo normalmente sobre una cinta transportadora mecanizada, e intervienen en él más de un millar de trabajadores por turno, con personal de apoyo adicional. El mayor segmento de trabajadores de la industria es precisamente el que interviene en este tipo de proceso.

Una planta de montaje de vehículos está dividida en unidades claramente diferenciadas: taller de carrocerías, en el que se realizan algunas actividades de montaje de subconjuntos que también se llevan a cabo en los talleres de estampación; pintura; montaje de chasis; nave de fabricación de asientos (que puede ser abastecida por proveedores externos) y montaje final. En los últimos años los procesos de pintura han evolucionado hacia fórmulas más reactivas, con menor contenido de disolventes, utilizándose cada vez más los procedimientos de aplicación mecánicos y robotizados. El taller de carrocerías ha ido automatizándose progresivamente, reduciéndose la soldadura al arco y sustituyéndose por robots las pistolas de soldadura manual por puntos.

El proceso de montaje de vehículos de transporte ligeros (furgonetas, camionetas, vehículos de servicio deportivos) es similar al de montaje de turismos. La fabricación de camiones pesados y maquinaria agrícola y de construcción se caracteriza por un menor nivel de mecanización y automatización, unos

ciclos de trabajo más largos, un mayor trabajo físico, un mayor empleo de la soldadura al arco y la utilización de sistemas de pintura diferentes.

En el taller de carrocerías de una planta de montaje se ensambla el armazón del vehículo. Las máquinas de soldadura por resistencia pueden ser de tipo transfer, robotizadas o de manejo individual. Aunque las máquinas suspendidas de soldadura por puntos van montadas con un sistema de contrapeso, son pesadas e incómodas de manejar. Las máquinas transfer y los robots han eliminado muchas tareas manuales y liberado a los trabajadores de la proximidad y exposición directa al metal caliente, las chispas y los productos de combustión del aceite mineral que cubre la chapa metálica. No obstante, el aumento del grado de automatización conlleva un mayor riesgo de sufrir lesiones graves para los trabajadores de mantenimiento: en los talleres de carrocerías automatizados se han de disponer programas de desconexión y bloqueo de las fuentes de energía y sistemas automáticos de protección en las máquinas más elaborados, incluyendo detectores de presencia. El grado de utilización de la soldadura al arco es limitado. Durante este trabajo, los operarios se encuentran expuestos a radiaciones intensas de tipo visible y ultravioleta, así como a la inhalación de gases de combustión. Los que realizan trabajos de soldadura al arco necesitan ventilación por extracción local (VEL), pantallas y tabiques protectores, viseras o gafas para soldar, guantes y mandiles.

El taller de carrocerías presenta los mayores riesgos de heridas y de lesiones por cuerpos extraños.

Hace algunos años, los métodos de montaje y los procesos de repaso de defectos de los paneles de las carrocerías implicaban operaciones de soldadura blanda con aleaciones de plomo y estaño (que también contenían trazas de antimonio). La soldadura blanda y, en especial, el esmerilado para eliminar el exceso de soldadura entrañaba un grave riesgo de intoxicación por plomo, habiéndose producido algunas muertes cuando se introdujo el proceso en el decenio de 1930. Entre las medidas de protección se incluyeron la instalación de una cabina aislada para esmerilado de soldaduras, el empleo de respiradores que suministraban aire a presión positiva a los esmeriladores de soldaduras, la adopción de medidas de higiene y el control de plomo en sangre. A pesar de ello, se registraron aumentos de las cargas corporales de plomo y casos esporádicos de intoxicación por plomo de trabajadores y sus familias hasta el decenio de 1970. La soldadura con plomo se ha eliminado de las carrocerías de los turismos en Estados Unidos. Además, en esos procesos los niveles de ruido pueden alcanzar de 95 a 98 dB con picos de 600 a 800 Hz.

Las carrocerías de los automóviles pasan, sobre una cinta transportadora, del taller de carrocerías al de pintura, donde se desengrasan, por lo general mediante aplicación manual de disolventes, se limpian en un túnel cerrado (bonderización) y reciben una capa de imprimación. La imprimación se lija después a mano con una herramienta oscilante y papel abrasivo húmedo, y a continuación se aplican las capas finales de pintura y se secan al horno. En los talleres de pintura, el personal puede inhalar tolueno, xileno, cloruro de metileno, alcoholes minerales, nafta, acetato de butilo y amilo y vapores de alcohol metílico de la carrocería, la cabina de pintura y la limpieza de las pistolas. La pintura a pistola se aplica en cabinas de corriente de aire descendente, con un suministro continuo de aire filtrado. Por lo general, los vapores de disolventes se controlan bien mediante ventilación descendente, la cual es necesaria para garantizar la calidad del producto. Antes, la inhalación de partículas no estaba tan bien controlada, y algunas pinturas contenían sales de cromo y plomo. En una cabina bien controlada, los operarios no debieran necesitar equipo de protección respiratoria para

cumplir con los límites de exposición. No obstante, muchos llevan voluntariamente respiradores. Las pinturas de poliuretano de dos componentes recientemente introducidas deben aplicarse siempre usando cascos con suministro de aire y espaciando convenientemente las reentradas en la cabina. Las normas sobre protección medioambiental han fomentado el desarrollo de pinturas con gran proporción de sustancias sólidas y menor contenido de disolventes. Los sistemas de resinas más recientes pueden producir un considerable nivel de exposición al formaldehído, y las pinturas en polvo que están introduciéndose en la actualidad son fórmulas epoxídicas que pueden ser sensibilizantes. Una queja frecuente es que las unidades de ventilación recirculan el aire evacuado de las cabinas de pintura y los hornos de secado a las zonas de trabajo situadas fuera de la cabina; este problema puede evitarse instalando chimeneas de extracción de suficiente altura.

En la producción de vehículos comerciales (camiones, tranvías y trolebuses) y de maquinaria agrícola y de construcción, aún se utiliza con frecuencia la pintura manual a pistola debido a las grandes superficies que deben cubrirse y a la necesidad de frecuentes retoques. En estas operaciones puede que todavía se utilicen pinturas con plomo y cromato.

La carrocería pintada se seca en hornos de aire caliente y rayos infrarrojos equipados con extractores y después se lleva al taller de montaje final, en el que se unen los componentes mecánicos. Allí se acoplan la carrocería, el motor y la transmisión, y se montan la tapicería y la guarnición interior. Es en estas tareas donde el trabajo en la cinta transportadora presenta su versión más elaborada. Cada operario ejecuta una serie de tareas en cada vehículo, en ciclos de 1 minuto aproximadamente, mientras el sistema de cintas transporta las carrocerías gradualmente a lo largo de la cadena de montaje. Los procesos requieren una vigilancia constante y pueden ser considerablemente monótonos, por lo que es fácil que generen estrés. Aunque normalmente no requieren un excesivo gasto de energía, casi todos entrañan el riesgo, de moderado a grave, de causar trastornos musculoesqueléticos. Las posturas o movimientos que se han de adoptar, por ejemplo cuando se montan componentes en el interior del vehículo o cuando se trabaja debajo de la carrocería (con las manos y antebrazos por encima del nivel de la cabeza), son los peligros más fáciles de combatir, aunque también es necesario reducir la fuerza y la repetición para reducir los factores de riesgo. Después del montaje final, el vehículo se prueba, se acaba y se entrega. La inspección puede limitarse a las pruebas de rodaje sobre un banco de rodillos (donde la ventilación de los humos de escape es importante) o incluir pruebas sobre pistas con distintos tipos de superficie, pruebas de estanqueidad al agua y al polvo, y pruebas en carretera fuera de la factoría.

Depósitos de piezas

Los depósitos de piezas son un elemento integrante de la distribución del producto acabado y del suministro de piezas de repuesto para reparaciones. Los operarios que trabajan en ellos utilizan dispositivos especiales para retirar las piezas de posiciones elevadas y sistemas automatizados de entrega de piezas en operaciones en tres turnos. Es común la manipulación manual de piezas empaquetadas. En los depósitos de piezas también se realizan a veces operaciones de pintura y otros procesos de producción.

Prueba de prototipos

La prueba de prototipos es una actividad especializada de la industria del automóvil. Son varias las agresiones fisiológicas que aguardan a los conductores: aceleración y frenado bruscos, sacudidas y vibraciones, monóxido de carbono y humos de escape,

ruido, largas temporadas de trabajo en diferentes ambientes y condiciones climáticas. Las pruebas de resistencia implican tensiones especiales. En ocasiones se han producido accidentes mortales con los vehículos.

Montaje de camiones pesados y de maquinaria agrícola y de construcción

En estos sectores de la industria del automóvil, los procesos son esencialmente los mismos que en el montaje de turismos y vehículos de transporte ligeros. Entre las diferencias están un ritmo de producción más lento, realizándose algunas operaciones fuera de la cadena de montaje; un mayor volumen de soldadura al arco; el remachado de las cabinas de los camiones; el movimiento de componentes con grúa; el uso de pigmentos que contienen cromato, y el empleo de gasóleo diesel en la salida al final de la cadena de montaje. El número de fabricantes en relación con el volumen de producción es mayor y están menos integrados verticalmente.

Fabricación de locomotoras y vagones

La fabricación de material ferroviario comprende asimismo segmentos bien diferenciados: locomotoras, vagones de viajeros, vagones de carga y vagones de viajeros de autopropulsión eléctrica. Los procesos de montaje presentan ciclos más largos que en la fabricación de turismos y camiones; se utilizan más las grúas para la manipulación de materiales, y se hace un mayor uso de la soldadura al arco. El gran tamaño de los productos dificulta el control técnico de las operaciones de pintura y crea situaciones en las que los operarios están totalmente encerrados en el producto mientras sueldan o pintan a pistola.

Problemas de salud y patrones de enfermedad

Aunque los procesos de producción no son exclusivos de la industria automovilística, con frecuencia el efecto combinado de la escala de producción y el alto grado de integración y automatización plantea riesgos especiales para el personal. Los peligros que amenazan a los trabajadores en este complejo sector industrial deben considerarse en función de tres dimensiones: el tipo de proceso, el grupo de clasificación del trabajo y los efectos adversos.

Se distinguen múltiples efectos adversos, con causas y métodos de prevención claramente diferenciados: lesiones graves y mortales; lesiones en general; trastornos por traumatismos repetidos; efectos químicos de corta duración; enfermedad profesional por exposición de larga duración a sustancias químicas; peligros del sector de servicios (incluidas las enfermedades infecciosas y la posible violencia por parte de los clientes), y peligros derivados del medio ambiente de trabajo, tales como estrés de origen psicosocial.

Los grupos de clasificación del trabajo en la industria del automóvil implican, a efectos prácticos, espectros de peligro divergentes: trabajos especializados (personal de mantenimiento, servicio, fabricación e instalación de equipo de producción); manutención mecánica de materiales (operadores de carretillas industriales autopropulsadas y de grúas); servicio de producción (incluido el personal de mantenimiento y limpieza no cualificado); producción fija (el grupo más numeroso, que incluye a los montadores y a los operadores de máquinas); tareas técnicas y administrativas, y funciones ejecutivas y de dirección.

Efectos para la salud y la seguridad comunes a todos los procesos

Según el US Bureau of Labor Statistics, la industria automovilística presenta uno de los índices generales de siniestralidad laboral más elevados: 1 de cada 3 trabajadores se lesionan al año, siendo las lesiones en 1 de cada 10 casos lo bastante graves para provocar

pérdida de tiempo de trabajo. El índice de riesgo de mortalidad profesional por lesiones traumáticas agudas en toda la vida laboral es de 1 por cada 2.000. Ciertos peligros son generalmente característicos de los agrupamientos profesionales de la industria del automóvil, en tanto que otros, especialmente los de origen químico, son característicos de determinados procesos de producción.

El trabajo cualificado y las tareas de mantenimiento mecánica entrañan un alto riesgo de lesiones traumáticas graves y mortales. Aunque los profesionales cualificados representan menos del 20 % de la plantilla, sufren el 46 % del total de lesiones mortales de origen profesional. Las tareas de mantenimiento mecánica producen el 18 % de los fallecimientos. La mayor parte de los fallecimientos de trabajadores cualificados ocurren durante las actividades de mantenimiento y servicio, siendo la causa principal la energía incontrolada. Entre las medidas preventivas se incluyen la aplicación de programas de bloqueo de energía, la colocación de resguardos en las máquinas, la prevención de caídas y la seguridad de las carretillas industriales y las grúas, y todas se basan en análisis orientados a la seguridad en el trabajo.

En contraste, los trabajos de producción fijos presentan mayores índices de lesiones generales y trastornos por traumatismos repetidos, pero un bajo riesgo de lesiones mortales. Las lesiones musculoesqueléticas, como los trastornos por traumatismos repetidos y las tensiones y dislocaciones provocadas por sobreesfuerzo o movimientos repetitivos, que están estrechamente relacionados con los anteriores, representan el 63 % de lesiones con resultado de discapacidad en las instalaciones de montaje y aproximadamente la mitad de las lesiones en procesos de otro tipo. Las principales medidas preventivas son la aplicación de programas ergonómicos basados en análisis de los factores de riesgo y la reducción estructurada de la fuerza, la frecuencia y el estrés postural en trabajos de alto riesgo.

Los trabajos de servicio de producción y los trabajos especializados son los que entrañan la mayor parte de los riesgos químicos agudos y de alto nivel. Normalmente, estas exposiciones se producen durante la limpieza periódica, la respuesta a derrames y alteraciones de procesos, y la entrada en espacios confinados durante las actividades de mantenimiento y servicio. Entre estas situaciones peligrosas destacan las exposiciones a disolventes. Se desconocen las consecuencias de larga duración que estas altas exposiciones intermitentes tienen para la salud. Los operarios que embrean suelos de madera, como los que se utilizan en muchas instalaciones, o queman pernos con soplete en el piso de las naves de estampación, sufren elevadas exposiciones a sustancias volátiles cancerígenas de breas de alquitrán de hulla. En estos grupos se ha observado una mortalidad excesiva por cáncer de pulmón. Las medidas preventivas se centran en la adopción de programas de entrada en espacios confinados y de respuesta a residuos peligrosos y a emergencias, aunque la prevención a largo plazo depende de la modificación del proceso para eliminar la exposición.

Donde más evidentes resultan los efectos de la exposición crónica a sustancias químicas y a algunos agentes físicos es entre los trabajadores de producción fija, debido principalmente a que estos grupos son más fáciles de estudiar. Casi todos los efectos adversos considerados específicos de ciertos procesos se deben a exposiciones comprendidas dentro de los límites de exposición profesional actualmente vigentes, por lo que la protección dependerá de la reducción de los límites admisibles. A corto plazo, las exposiciones y riesgos pueden reducirse adoptando las mejores prácticas posibles, como unos sistemas de extracción bien diseñados y mantenidos.

La pérdida auditiva inducida por ruido es un efecto generalizado en todos los segmentos de la industria.

Todos los sectores de la población activa están sujetos a estrés de origen psicosocial, aunque éste es más evidente en los trabajos administrativos, técnicos, de apoyo administrativo, directivos y profesionales, por el hecho de sufrir generalmente una exposición menos intensa a otros peligros. No obstante, el estrés en el trabajo suele ser más intenso entre los trabajadores de producción y mantenimiento, y los efectos del estrés también suelen ser mayores. No se ha implantado ningún medio eficaz de reducción del estrés causado por el trabajo nocturno y en turnos rotativos, aunque los convenios de turnos preferenciales permiten cierta autoselección, y se compensa con primas de turno a los trabajadores a los que se les asignan los turnos peores. La aceptación de los turnos rotativos por la plantilla es un hecho histórico y cultural. El personal cualificado y de mantenimiento trabaja bastantes más horas extraordinarias y durante las fiestas, vacaciones y paradas, que el personal de producción. Los programas de trabajo incluyen normalmente dos turnos de producción y un turno de mantenimiento más corto; esto ofrece una cierta flexibilidad para horas extraordinarias en periodos de aumento de producción.

En la exposición siguiente se agrupan los peligros químicos y algunos peligros físicos específicos por tipos de producción y se tratan los peligros de lesiones y ergonómicos por clasificaciones laborales.

Fundiciones

Las fundiciones destacan en la industria del automóvil por su mayor índice de fallecimientos, ocasionados por los derrames de metal fundido y las explosiones, el mantenimiento de cubilotes, incluida la descarga por el fondo, y los riesgos por monóxido de carbono durante la renovación del revestimiento. Se caracterizan asimismo por una mayor proporción de lesiones por cuerpos extraños, contusiones y quemaduras, y una proporción menor de trastornos musculoesqueléticos que otras instalaciones. También registran los niveles más altos de exposición al ruido (Andjelkovich y cols. 1990; Andjelkovich y cols. 1995; Koskela 1994; Koskela y cols. 1976; Silverstein y cols. 1986; Virtamo y Tossavainen 1976).

Un reciente análisis de varios estudios de mortalidad en los que se incluía la industria automovilística norteamericana mostró que los trabajadores de las fundiciones presentaban índices más altos de muerte por cáncer de pulmón en 14 de 15 estudios (Egan-Baum, Miller y Waxweiller 1981; Mirer y cols. 1985). Dado que los índices elevados de cáncer de pulmón se han observado en los trabajadores de la nave de limpieza, donde la principal exposición es a la sílice, probablemente una de las causas principales sea la exposición a mezclas de polvo que contienen sílice (IARC 1987, 1996), aunque también se dan exposiciones a hidrocarburos polinucleares aromáticos. En 8 de 11 estudios se encontró un aumento de la mortalidad por enfermedad respiratoria no maligna. También se registraron fallecimientos por silicosis. Los estudios clínicos notifican cambios radiológicos característicos de neumoconiosis, anomalías de la función pulmonar características de obstrucción y aumento de los síntomas respiratorios en fundiciones de producción modernas que poseían los más altos niveles de control. Estos efectos se deben a estados de exposición que prevalecen desde el decenio de 1960 e indican claramente que los riesgos para la salud persisten en las condiciones actuales.

Se han observado efectos producidos por amianto en exploraciones radiológicas de trabajadores de fundiciones; entre los sujetos se encuentran operarios tanto de producción como de mantenimiento.

Operaciones de mecanizado

En un reciente análisis de varios estudios de mortalidad realizados entre trabajadores que realizaban operaciones de mecanizado se observó un aumento de cáncer de estómago, esófago, recto, páncreas y laringe claramente relacionado con la exposición (Silverstein y cols. 1988; Eisen y cols. 1992). Entre los agentes cancerígenos conocidos históricamente presentes en los refrigerantes se hallan los compuestos polinucleares aromáticos, nitrosoaminas, parafinas cloradas y formaldehído. Aunque las fórmulas actuales contienen cantidades reducidas de estos agentes y las exposiciones a partículas de refrigerante son también reducidas, aún puede existir riesgo de cáncer con los niveles de exposición actuales. Estudios clínicos han documentado asma de origen profesional, aumento de los síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar en cruces de turnos y, en un caso, enfermedad del legionario asociada a la exposición a niebla de refrigerante (DeCoulfle 1978; Vena y cols. 1985; Mallin, Berkeley y Young 1986; Park y cols. 1988; Delzell y cols. 1993). Los efectos respiratorios son más pronunciados con líquidos sintéticos y aceites solubles, que contienen sustancias químicas irritantes tales como sulfonatos de petróleo, resinas líquidas, etanolaminas, formaldehído y biocidas donadores de formaldehído, así como productos bacterianos tales como endotoxina. Todavía son frecuentes los trastornos de la piel entre los operarios que realizan trabajos de mecanizado, registrándose mayores problemas en los que están expuestos a líquidos sintéticos.

Operaciones de estampación

Los peligros de lesiones característicos de los trabajos de estampación son los aplastamientos y amputaciones, especialmente de las manos, al quedar aprisionadas en la prensa, y a su vez, las lesiones de manos, pies y piernas originadas por los recortes de metal procedentes de la prensa.

Las instalaciones de estampación presentan una tasa de heridas doble que el promedio de la industria automovilística. En ellas trabajan una proporción de trabajadores cualificados superior a la media, sobre todo si la construcción de estampas se realiza *in situ*. El cambio de estampas es una actividad especialmente peligrosa.

Los estudios de mortalidad realizados en el sector de la estampación son limitados. En uno de ellos se observó aumento de la mortalidad por cáncer de estómago, y en otro aumento de la mortalidad por cáncer de pulmón entre soldadores de mantenimiento y reparadores de máquinas expuestos a sustancias volátiles de breas de alquitrán de hulla.

Herrajes y recubrimiento electrolítico

En un estudio de mortalidad entre trabajadores de una planta de herrajes para automóviles se halló mortalidad excesiva por cáncer de pulmón entre operarios de departamentos en los que se

realizaban trabajos integrados de fundición inyectada de zinc y recubrimiento electrolítico. Entre las causas probables estaban la niebla de ácido crómico y sulfúrico o los humos de la fundición inyectada.

Montaje de los vehículos

Las tasas de lesiones en las operaciones de montaje, incluidos los trastornos por traumatismos acumulados (TTA), son actualmente las más altas del sector del automóvil, debido en gran parte a los trastornos musculoesqueléticos por trabajo repetitivo o sobreesfuerzo. Los trastornos musculoesqueléticos representan más del 60 % de lesiones con resultado de discapacidad en este sector.

En varios estudios de mortalidad realizados en naves de montaje se ha observado un aumento de los fallecimientos por cáncer de pulmón. Ningún proceso específico del sector del montaje ha demostrado ser el responsable, por lo que esta cuestión continúa investigándose.

Prueba de prototipos

En este trabajo se producen casos de accidentes mortales con los vehículos.

Trabajo de diseño

El personal de diseño de las empresas automovilísticas han sido causa de preocupación en relación con la salud y la seguridad. Las estampas o matrices para los prototipos se hacen construyendo primero el modelo en madera, para lo cual se utiliza madera muy dura y tableros de estratificado y aglomerado. Los modelos de plástico se fabrican con fibra de vidrio y resinas de poliéster-poliestireno. Los modelos metálicos son básicamente matrices construidas mediante mecanizado de precisión. Se ha comprobado, en repetidos estudios, que los operarios que confeccionan los modelos de madera, plástico y metal sufren excesiva incidencia y mortalidad por cáncer de colon y rectal. No se ha identificado ningún agente causante específico.

Medio ambiente y salud pública

La legislación medioambiental dirigida a fuentes estacionarias de la industria del automóvil contempla principalmente los compuestos orgánicos volátiles de la pintura a pistola y otros recubrimientos superficiales. Las presiones tendientes a reducir el contenido de disolvente de las pinturas ha cambiado, de hecho, la naturaleza de los recubrimientos utilizados. Estas normas afectan tanto a los proveedores y a las plantas de piezas como al montaje de vehículos. En las fundiciones están sujetas a regulación las emisiones aéreas de partículas y dióxido de azufre, en tanto que la arena usada se trata como residuo peligroso.

Las emisiones de escape y la seguridad de los vehículos son cuestiones críticas de salud pública y seguridad reguladas fuera del ámbito profesional.

Referencias

- Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). 1987. *Silica and Some Silicates*. Vol. 42. Lyon: IARC.
- . 1996. *Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-aramid Fibriils*. Vol. 68. Lyon: IARC.
- Andjelkovich, DA, DB Janszen, MH Brown, RB Richardson, FJ Miller. 1995. Mortality of iron foundry workers. IV. Analysis of a subcohort exposed to formaldehyde. *J Occup Med* 37:826-837.
- Andjelkovich, DA, RM Matthew, RB Richardson, RJ Levine. 1990. Mortality of iron foundry workers. I. Overall findings. *J Occup Med* 32:529-540.
- DeCoufle, P. 1978. Further analysis of cancer mortality patterns among workers exposed to cutting oil mists. *J Natl Cancer Inst* 61:1025-1030.
- Delzell, E, M Macaluso, Y Honda, H Austin. 1993. Mortality patterns among men in the motor vehicle manufacturing industry. *Am J Ind Med* 24:471-484.
- Egan-Baum, E, BA Miller, RJ Waxweiler. 1981. Lung cancer and other mortality patterns among foundrymen. *Scand J Work Environ Health* 7 supl. 4:73-89.
- Eisen, EA, PE Tolbert, RR Monson, TJ Smith. 1992. Mortality studies of machining fluid exposure in the automobile industry. I. A standardized mortality ratio analysis. *Am J Ind Med* 22:809-824.
- Koskela, R-S, S Hernberg, R Karava, E Jarvinen, and M Murminen. 1976. A mortality study of foundry workers. *Scand J Work Environ Health* 2 supl. 1:73-89.
- Koskela, R-S. 1994. Cardiovascular diseases among foundry workers exposed to carbon monoxide. *Scand J Work Environ Health* 20:286-293.
- Mallin, K, L Berkeley, Q Young. 1986. A proportional mortality ratio study of workers in a construction and diesel engine manufacturing plant. *Am J Ind Med* 10:127-141.
- Mirer, F, M Silverstein, N Maizlish, R Park, B Silverstein, L Brodsky. 1985. Dust measurements and cancer mortality at a ferrous foundry. En *Silica, Silicosis, and Cancer: Controversy in Occupational Medicine*, dirigido por DF Goldsmith. Nueva York: Praeger.
- Park, RM, DH Wegman, MA Silverstein, N Maizlish, F Mirer. 1988. Causes of death among workers in a bearing plant. *Am J Ind Med* 13:569-580.
- Silverstein, M, N Maizlish, RM Park, B Silverstein, L Brodsky, F Mirer. 1986. Mortality among ferrous foundry workers. *Am J Ind Med* 10:27-43.
- Silverstein, M, RM Park, M Marmor, N Maizlish, F Mirer. 1988. Mortality among bearing plant workers exposed to metalworking fluids and abrasives. *J Occup Med* 30: 706-714.
- Vena, JE, HA Sully, RC Fielder, RE Barnes. 1985. Mortality of workers in an automotive engine and parts manufacturing complex. *Br J Ind Med* 42:85-93.
- Virtamo, M, A Tossaveinen. 1976. Carbon monoxide in foundry air. *Scand J Work Environ Health* 2:37-41.

Otras lecturas recomendadas

- Acquavella, J, T Leet, G Johnson. 1993. Occupational experience and mortality among a cohort of metal components manufacturing workers. *Epidemiology* 4:428-434.
- Park, RM. 1996. The healthy worker survivor effect and mortality at two automotive engine manufacturing plants. *Am J Ind Med* 30:655-663.
- Rotimi, C, E Austin, E Delzell, K Day, M Macaluso, Y Honda. 1993. Retrospective follow-up study of foundry and engine plant workers. *Am J Ind Med* 24:485-498.