

“SISTEMA DE ESTAMPADO EN CALIENTE PARA PRODUCCIÓN DE UN CONJUNTO DE PIEZAS”

001- La presente patente de invención se refiere a la industria de transformación, particularmente a la industria automotora, y corresponde a un sistema de estampado en caliente de piezas automotoras que posibilita la producción del conjunto de piezas (*“body in white”, “closures”*), que forman la carrocería de un automóvil, en una sola planta de producción y reduce, por consiguiente, costos y mano de obra.

002- La técnica de estampado en caliente (*“hot forming”*), especialmente en la industria automotora, ha logrado éxito en la fabricación de pieza con formatos complejos y mayor resistencia mecánica. Esta técnica saca provecho tanto de la buena conformabilidad, resultante de las altas temperaturas de deformación alcanzadas, como de las transformaciones que la austenita sufre durante el enfriamiento de la pieza. Es decir, generado por el uso de chapas templables con menor espesor, lo que contribuye para reducir el peso de los vehículos y para disminuir también el consumo de combustible en automóviles.

003- El gran problema por resolverse o al menos minimizarse en el proceso está en el hecho de que el aumento de la resistencia mecánica del acero perjudica su estampado. Cuarenta años de evolución metalúrgica continuada llevaron al advenimiento de los llamados aceros avanzados de alta resistencia (AHSS, *“Advanced High Strength Steels”*), que buscan conciliar la mayor resistencia mecánica de las chapas con pérdidas mínimas en su conformabilidad. Sin embargo, la búsqueda incesante por mejorías hace con que los avances logrados hasta ahora, aunque espectaculares, no sean suficientes. Esto porque, el estampado de los aceros “AHSS”, bastante mejorado, aún es inadecuado en varias situaciones prácticas. El principal problema no es

exactamente la conformabilidad, sino el llamado “efecto resorte” o retorno elástico (“*springback*”) que ocurre tras las operaciones de estampado y que es bastante acentuado en las chapas de acero “AHSS”. La chapa llega a ser conformada, pero sufre distorsión inmediatamente tras salir de la matriz debido a tensiones residuales. Esta distorsión afecta, en mayor o menor grado, la precisión dimensional de la pieza.

004- Una solución para este problema consiste en desvincular las características de procesamiento y de aplicación del material. Entonces, ¿por qué no calentar las chapas antes de efectuar su estampado? La explicación científica para este procedimiento es que, bajo mayores temperaturas, se activan los planos cristalográficos de deslizamiento de las discordancias, haciendo más fácil su migración.

005- El proceso de estampado en caliente (“*hot forming*”) es relativamente simple. Primero las chapas (“*blanks*”) son cortadas a partir de bobinas de acero de bajo carbono microaleado al boro, luego son introducidas en un horno continuo (de 40 a 60m de extensión en general) para austenitización entre 850 y 950°C, siendo la superficie del acero protegida contra la rápida oxidación que ocurre bajo estas altas temperaturas. En este caso, la alternativa más común consiste en revestir su superficie con una camada de AlSi, pero eventualmente es posible dispensar este revestimiento y usar atmósfera protectora en el interior del horno.

006- Tras un período de calentamiento que puede llevar de cuatro a diez minutos, se envía la chapa (“*blank*”) a la prensa de estampado, donde es conformada. Donde, también, inmediatamente ocurre el temple de la chapa, dentro de la matriz refrigerada a agua. Tras un período de enfriamiento, que dura entre 15 y 25 segundos, el temple

está completo, se quitan las sobras de la pieza y se la extrae de la matriz a una temperatura de aproximadamente 150°C. El enfriamiento posterior de la pieza se hace en contacto con el aire, con efecto de revenimiento.

007- El estampado en caliente no es un proceso exactamente nuevo, pues fue desarrollado originalmente en Suecia en 1973, justo en el año en que surgieron los primeros grandes desafíos para la industria automotora, en virtud de los aumentos descontrolados que ocurrieron en la cotización del petróleo. Sin embargo, su aplicación industrial estuvo restringida hasta el inicio del nuevo milenio, cuando su aceptación aumentó de forma exponencial. Actualmente el estampado en caliente se emplea básicamente para la producción de componentes anti-intrusión y de refuerzos estructurales para autos de pasajeros, cuyas características, tales como el tamaño relativamente grande, el formato complejo y los altos niveles de resistencia mecánica, hacen difícil el uso de aceros AHSS estampados en frío.

008- Se estima que en 2004 este proceso haya consumido de 60.000 a 80.000 toneladas de chapas sólo en Europa. En 2008, inmediatamente antes de la crisis, se previó que el proceso consumiría en el año siguiente 300.000 t de chapas sólo en Europa y que se implantarían, en este continente, más 20 nuevas líneas de estampado en caliente.

009- El proceso de estampado en caliente también fue exitoso en EEUU: en 2004 fueron compiladas en el país 33 versiones de parachoques hechos por estampado en caliente para diversos modelos de vehículos en varias fábricas de empresas automovilísticas, como “Volkswagen”, “General Motors”, “Citroën”, “Ford” y “Smart”. Los principales aceros usados fueron el SAE 10B21 y 15B21, en la forma de

“blanks” (chapas) con espesor entre 1,50 y 3,50 mm. Los valores de promedio de las propiedades típicas pos-temple fueron: límite de desagüe de 1.140 MPa; límite de resistencia de 1.520 MPa; extensión total de 12% y dureza de 479 HV. Actualmente es ampliamente utilizado el acero 22Mn B5.

010- En el estampado en caliente la etapa más crítica cuanto a la definición de las propiedades mecánicas de la pieza acabada es el temple, que normalmente es hecho dentro de la matriz refrigerada a agua. Luego, se define la composición química del acero que será utilizado de acuerdo con las propiedades mecánicas finales requeridas, el espesor de la pieza y las velocidades de enfriamiento obtenidas durante el temple en la matriz, garantizando un nivel adecuado de templado.

011- Los mejores proyectos de aleación para los aceros destinados al estampado en caliente adoptan tenores de carbono del orden de 0,20% y tenores de manganeso relativamente elevados. Aunque los límites de la conformabilidad en frío de los aceros AHSS aún no hayan sido debidamente alcanzados, actualmente el estampado en caliente es la única ruta de proceso que permite la fabricación de componentes con formatos complejos y alta resistencia mecánica. La austenitización del acero, además de facilitar el proceso de conformabilidad en razón de la menor resistencia mecánica y mayor ductilidad del material bajo procesamiento, también permite aprovechar los fenómenos consecuentes de la transformación metalúrgica posterior para obtener perfiles con propiedades mecánicas que permitan reducir el peso de las piezas y mejorar su desempeño.

012- Sin embargo, la utilización de grandes hornos (con 30 a 60m de extensión en general) y las altas temperaturas alcanzadas vuelven el

proceso y los equipos de conformabilidad más complejos lo que conlleva altas inversiones, consumo elevado de energía para calentar la pieza y pérdida de productividad causada por el tiempo gastado en las etapas de tratamiento térmico.

013- La presente patente, con el fin de perfeccionar la producción de piezas estampadas utilizadas en la industria automotora, presenta un sistema de estampado en caliente que permite estampar todo el conjunto de piezas ("*body in white*", "*car body*" o "*closures*") que forma la carrocería de un automóvil en una sola planta industrial. Se trata de un sistema productivo que utiliza un proceso de estampado en caliente ("*hot forming*") y equipo específico de calentamiento por efecto joule (cuyos pedidos de patentes fueron depositados por el mismo titular en este instituto). Un sistema de estampado que busca reducir el peso de los vehículos, optimizando la eficiencia energética, y aumentar la seguridad vehicular dada la posibilidad de uso de aceros de alta resistencia mecánica

014- En este sistema el horno convencional es sustituido por el equipo de calentamiento generando una sensible reducción en la ocupación del espacio del área de instalación convencional (de 1.800m² para 300m²). Con esto, se elimina el mantenimiento oneroso del horno, haciendo posible el estampado intermitente de piezas sin la necesidad de homogeneización, factor de altos costos en la utilización de hornos convencionales, principalmente en la producción continuada, por ser necesario utilizar altas temperaturas de homogeneización; por lo tanto, el consumo de energía y deterioración de equipos utilizados para el calentamiento de la atmósfera del horno son mayores.

015- El presente sistema permite, además, por medio del proceso mencionado anteriormente, la utilización de aceros con revestimientos

metálicos de galvanizado en caliente y electrolítico (Zn, ZnFe, ZnNi, entre otros producidos en sus respectivos procesos de revestimiento). En el proceso convencional se utilizan aceros con revestimientos de camada metálica AlSi. Además, el proceso convencional produce una camada superficial en las piezas que propicia la presencia de microgrietas, hecho minimizado en el proceso utilizado en el presente sistema.

016- El sistema de estampado en caliente para producción de un conjunto de piezas estampadas, objeto de esta patente, puede ser mejor comprendido cuando se observan las figuras en adjunto, que integran este informe descriptivo y contiene referencias numéricas en conjunto con la descripción de sus particularidades técnicas. Estas figuras no restringen su configuración cuanto a sus dimensiones, proporciones y eventuales tipos de acabados inseridos, ni al alcance de su aplicación práctica.

017- La figura 1 es un flujograma del proceso productivo, mostrando las fases operacionales de la producción.

018- La figura 2 es una ilustración de la unidad de producción, mostrando los equipos relacionados al estampado.

019- De acuerdo con estas figuras y sus referencias numéricas el objeto de esta patente se refiere a un sistema de estampado en caliente (*“hot forming”*) para producción del conjunto de piezas fijas y móviles (*“body in white”*, *“body car”* o *“closures”*) que forman la carrocería del automóvil, estampadas en una sola planta de producción (1). Este sistema está formado por dos grupos (2 y 3) operacionales de equipos, siendo un grupo (2) para las piezas fijas y otro grupo (3) para las piezas móviles. Dichos grupos (2 y 3) están compuestos, cada uno de ellos, por unidades de producción (4) (en cantidad necesaria para producción del

conjunto) que son suministradas (5) por chapas ("*blanks*"), previamente cortadas, individualmente, en las dimensiones exigidas (5), después de inspeccionadas (6), colocadas en condiciones de entrada en la herramienta (matriz) de estampado según la forma y las dimensiones de la pieza que se ejecutará en la respectiva unidad de producción (4), siendo distribuidas (7) tanto al grupo (2) de piezas fijas como al grupo (3) de piezas móviles.

020- En los grupos (2 y 3), las unidades de producción (4), una para cada especificación de pieza que será producida, están compuestas de un *rack* de alimentación (8) de chapa ("*blank*"), dos robots de manipulación (9 y 11) y una unidad de estampado formada por un dispositivo de calentamiento (10) por efecto "joule" y una prensa (12) con la herramienta (matriz) relativa a la pieza que se estampará. Ahí, el primer robot (9) suministra el dispositivo de calentamiento (10) sacando la chapa ("*blank*") del *rack* de alimentación (8), disponiéndola en el dispositivo de calentamiento (10). Después de que se calienta la chapa, este robot (9) saca la pieza calentada y alimenta la herramienta sobre la prensa (12) para conformabilidad y forma determinada. Luego el segundo robot (11) saca la pieza conformada de la prensa (12) y deposita en un *rack* de almacén (13).

021- El movimiento de las piezas, tanto calientes como frías, puede ser realizado tanto por brazos robóticos como por sistemas de movimiento dedicado "*transfer*", proyectados específicamente para las aplicaciones y, en el caso del movimiento de la pieza caliente, son contruidos con material que soporta la temperatura y la radiación proveniente de la chapa, sin que se dañen.

022- En el dispositivo de calentamiento (10), el calentamiento ocurre por el proceso de conducción eléctrica (calentamiento por efecto

Joule) y puede alcanzar tasas de calentamiento de hasta 400°C/seg. Su disposición en la prensa (12) ocupa un área poco mayor que la pieza que será calentada, lo que permite obtener un mejor aprovechamiento del área utilizada por cada una de las unidades de producción (4).