

CONTRÔLE DE QUALIDADE SOB O PONTO DE VISTA DO CONSUMIDOR

Composição da Mesa:

Presidente — Sr. *Júlio Pepino* (SOMISA)
Orientador — Sr. *Carlos A. Martinez Vidal*
(CNEA)
Secretário — Sr. *Ivan de Carvalho Perdigão*

Tema:

“Contrôle de qualidade sob o ponto de vista do consumidor”

Trabalhos apresentados:

“Calidad de barras laminadas en caliente para forja” — Autor: Sr. *Rodolfo N. Enrico*;

“Contrôle de qualidade de chapas de aço na indústria automobilística” — Autores: Srs. *Alfredo Dietrich* e *Walter E. Ay*; “Contrôle de qualidade numa indústria siderúrgica” — Autor: — Sr. *Eliseu Batista*.

O SR. PRESIDENTE — Caros Srs. Congressistas, vamos dar início à Sessão “B”, do Seminário sobre Contrôle de Qualidade na Laminação.

Da Ordem do Dia de hoje constam três trabalhos.

Atuará, como orientador de debates, o Sr. *Carlos A. Martinez Vidal*, e como secretário o Sr. *Ivan de Carvalho Perdigão*.

O Sr. *Rodolfo N. Enrico*, primeiro expositor de hoje, nasceu em *San Juan*, República Argentina, em 1920; graduou-se engenheiro mecânico aeronáutico na Universidade Nacional de *Cordoba*, Argentina, em julho de 1946; foi chefe do Laboratório de Ensaio Físico-Mecânicos e Metalurgia, bem como de estudos especiais, na Fábrica Militar de Aviação, de 1944 a 1947; foi chefe da Divisão de Forja, Fundição e Tratamentos Térmicos, na Fábrica Militar de Aviação, de 1947 a 1956; esteve adstrito à gerência da Fábrica “Villa Constitución de Aciendas S/A”, de 1956 a

1957, efetuando estudos de qualidade em trefilados a frio; foi metalurgista da Divisão de Forja da IKA-Renault”, de 1957 a fevereiro de 1958, tendo a seu cargo o Contrôle de Qualidade (Laboratório Metalúrgico de Inspeção e Oficina de Tratamentos térmicos); em fevereiro de 1969 foi assistente do gerente da Divisão de Forja; foi professor de Trabalhos Práticos e assistente da cátedra de Ensaio de Materiais, Metalografia e Combustíveis, por concurso, de 1946 a 1954; atualmente é diretor representante da “IKA-Renault” no Centro de Investigações Metalúrgicas da Universidade Nacional de *Cordoba*, Argentina.

Tem a palavra o Sr. *Rodolfo Enrico*.

O Sr. *Rodolfo N. Enrico* — Sr. Presidente; Sr. Orientador; meus Srs.: é uma grande honra para a IKA-Renault da Argentina ter sido escolhida pela comissão organizadora deste seminário, para exprimir a opinião dos usuários sobre aços laminados.

Sinto-me orgulhoso de estar aqui, como representante de minha companhia, com esse objetivo.

É imprescindível que se realizem reuniões técnico-científicas desta natureza, principalmente na América Latina, pois não nos encontramos em período de desenvolvimento industrial, mas, sim, de exploração industrial, tornando-se necessário, pois, um intercâmbio diário.

Não posso deixar de mencionar, nesta oportunidade, o papel importante que vem representando o ILAFA, com sua preocupação permanente do desenvolvimento técnico-industrial da siderurgia de nossas nações.

Meus Srs., não mais querendo me alongar, passo à apresentação do trabalho.

— O Sr. *Rodolfo N. Enrico* expõe o trabalho “Contrôle de qualidade na laminação”, de sua autoria.

Calidad de Barras Laminadas en Caliente Para Forja

Ing. Rodolfo N. Enrico¹

Para poder llegar a establecer los requisitos de calidad que debe satisfacer el acero en barras, nos exige primero fijar lo más perfectamente posible lo que se considera "Calidad" en piezas para automotores.

Partimos así fríamente planteando un problema, por cuanto estimamos que es fundamental definir esta calidad.

Debemos hacer resaltar visiblemente la realidad, que siempre nos enfrenta y desafía.

Calidad vs Costo

Si nos apartamos de esta realidad podemos establecer, fácilmente, patrones de Calidad, pero estos serán excepcionalmente elevados, transformando la industria automotriz en algo caro y lujoso, inaccesible al usuario.

Debemos tener en cuenta que fabricar automotores es, primordialmente, producción en serie y por lo tanto, su meta es bajos costos.

El vehículo, para poder competir en el mercado debe gustar al comprador, tener bajo precio de venta y ser capaz de mantener una vida que en determinada cantidad de años esté todavía en condiciones razonables de funcionamiento con un mínimo de mantenimiento.

Así definida a grandes rasgos la calidad media del automotor, establezcamos cuales son las propiedades de una pieza forjada, que es afectada por el comportamiento del acero.

La calidad de la pieza forjada se halla vinculada con la del acero, con relación a los siguientes puntos:

- a) Resistencia a los esfuerzos normales a que estará sometida, así como los de impactos y fatiga.
- b) Facilidad de Maquinado.
- c) Tolerancia Dimensional.

Si bien las dos primeras condiciones a cumplir han sido separadas, podríamos decir que es solo para aclarar el concepto pues tanto la facilidad de maquinado como las características físicas mecánicas del acero, están integradas de tal forma, que difícilmente se puedan independizar una de otra.

Analicemos los puntos establecidos:

- a) *Resistencia a los esfuerzos a los cuales la pieza estará sometida*

Este es un problema que queda definido por

el diseño y cálculo de la pieza forjada, incluyendo la selección del acero a utilizar.

Una vez dimensionada la forja, establecido el acero a utilizar y el tratamiento térmico, prácticamente hemos fijado la vida de la pieza y su comportamiento en servicio. Dentro de la práctica comercial, con aceros de calidad media normal, la pieza está definida y poco queda por cambiar.

Resistencia al impacto: al seleccionar un acero hemos definido también su resistencia al impacto, salvo en los casos excepcionales en que hubiésemos elegido un acero susceptible a la fragilidad de revenido; metalúrgicamente, poco podemos mejorar en los aceros de fabricación normal, la capacidad de absorber impactos de una pieza forjada. En general, un diseño con radios amplios, sin ángulos vivos o entalladuras, tiene mayor influencia en elevar la resistencia al impacto de una pieza forjada, que la elección de aceros más dúctiles.

Resistencia a la fatiga: podemos decir lo mismo que para la resistencia al impacto. Una vez decidida la forma de la pieza, sus dimensiones y el acero a usar, ésta verá afectada su resistencia a la fatiga, solamente cuando presente en las áreas maquinadas, pliegues o grandes macroinclusiones o cuando se observen grietas de temple en cualquier zona.

Para los pliegues y grandes inclusiones, decimos en "zona maquinada", porque se acepta y prevé, que en las zonas en las cuales el proyectista de la pieza forjada, no especifica "maquinado" estará permitida cierta cantidad de defectos menores, ya sean originados en la laminación de la barra o durante la forja de la pieza.

Es sabido y aceptado universalmente, que en el proceso normal de laminación y en el de forja, se producen pequeños defectos superficiales que sólo son posibles de eliminar por el posterior maquinado de la pieza. El pliegue de forja o de laminación no termina en el interior de la pieza en ángulos agudos, sino más bien en una zona redondeada con una descarburación parcial bien marcada. Estas dos condiciones hacen que el pliegue sea poco peligroso pues actúan reduciendo las concentraciones de tensiones y por lo tanto disminuyendo grandemente el peligro de propagación de una grieta de fatiga.

En la industria de grandes motores de aviación, donde la pieza forjada es diseñada con el ob-

(1) Metalurgista División Forja IKA — Renault S.A. — Buenos Ayres, Argentina

jeto de mantener el máximo de resistencia a la fatiga, con el mínimo de peso, se maquinan todas las superficies para eliminar estas pequeñas imperfecciones, pero el costo se eleva considerablemente.

Para hacer más objetivo el problema, a continuación transcribimos las especificaciones AISI (American Iron and Steel Institute) para: Barras laminadas en caliente, ya sea para aceros el Carbono o Aleados.

“Condiciones de Superficie. Las barras laminadas en caliente pueden tener imperfecciones superficiales de varios grados de severidad después de la operación final de laminado.

Dependiendo de la calidad especificada, uso final del producto y facilidades disponibles en la planta del fabricante, las barras pueden ser acondicionadas como se solicite para eliminar imperfecciones superficiales dañosas (injurious) por medio de corta frío, amolado u otro método adecuado”.

Por supuesto, queda claro en el texto de la norma que solo se eliminan los defectos graves o dañosos, pudiendo quedar las menores e inofensivas.

Si volvemos a la misma norma en “Aceros Acabados en Frío” en el párrafo “Turning and Polishing” dice: “La operación de torneado (turning) por lo general elimina descarbonación, pliegues, astillas (slivers) u otras imperfecciones las cuales a veces aparecen en las barras laminadas en caliente o terminadas en frío”.

Esto significa que habrá una mayor seguridad de no tener defectos superficiales en las barras maquinadas.

En piezas con dureza Brinell hasta 331 HBN, las inclusiones en las zonas maquinadas, pueden reducir la resistencia a la fatiga solo cuando son de gran tamaño, las comunes, con diámetros de hasta 25 micrones medidos al microscopio, no afectan la resistencia a la fatiga, no obstante el aspecto impresionante que muestran en el ensayo con polvo magnético, especialmente en el fluorescente. La razón de su escasa influencia de fatiga, es que por ser escorias formadas en el proceso de fusión, carecen de ángulos agudos y por lo tanto no originan graves concentraciones de esfuerzos.

En aceros usados en alta dureza, principalmente los templados hasta el núcleo, las inclusiones crean problemas de fatiga, un ejemplo clásico es el de dos cojinetes a bolilla.

Referente a gretas de temple debemos establecer que no son admisibles en una pieza forjada, pues tarde o temprano se propagan por los efectos de los esfuerzos alternados de fatiga, produciéndose la rotura de la pieza.

Las grietas de temple, afortunadamente, son fáciles de encontrar en la inspección y se identifican claramente, en el ensayo de polvo magnético. Es de hacer notar que si se selecciona un ace-

ro con márgenes de templabilidad mínimos, para la sección de la pieza y se las templea en líquidos de temple suaves, usando en todos los casos límites de carbono lo más bajo posible, es muy difícil que aparezcan piezas con grietas de temple en el proceso normal de fabricación de forja.

b) *Facilidad de Maquinado*

Se encuentra ampliamente vinculada al diseño, pues una vez seleccionado el acero y fijado el tratamiento térmico, la facilidad de maquinado queda implícita. En general, si pueden utilizarse aceros de fácil maquinado, es decir resulturados o al plomo, no obstante el mayor precio de éstos, se logra, en la mayoría de los casos, una disminución del costo final de la pieza, la única objeción es la menor resistencia a la fatiga de los mismos.

En los otros aceros, a igualdad de dureza y tratamiento térmico, su maquinabilidad es prácticamente la misma.

En algunos casos, con pequeños artificios, se pueden mejorar operaciones de maquinado, por ejemplo: un acero, a igualdad de dureza se brocha mejor con temple al aceite y revenido, que templado en agua y revenido.

Un acero de alto carbono recocido con estructura esferoidal, se tornea más fácil que si tiene perlita intermedia, etc.

Las inclusiones internas del acero, a excepción de los sulfuros, en general disminuyen la facilidad de maquinado en una pieza forjada, pero como todos los aceros fabricados con procesos normales tienen inclusiones, es solamente la magnitud de éstas, la que establece las diferencias.

Es necesario aclarar que a estas inclusiones o al tratamiento térmico, se le atribuyen en la mayoría de los casos, la razón de un problema de maquinado, sin embargo, los motivos más comunes que producen dificultad de maquinado son:

- 1 — Falta de potencia y rigidez de la máquina herramienta usada.
- 2 — Herramientas de maquinado ser la dureza o ángulo de alivio incorrectos.
- 3 — Uso de líquidos refrigerantes para maquinado incorrectos, o en cantidad insuficiente.

Una revisión estricta de la operación de maquinado, corrigiendo las causas citadas casi siempre da excelentes resultados.

c) *Calidad Dimensional*

Se refiere a que la pieza debe tener sus medidas dentro de tolerancia especificadas a priori.

Estas tolerancias deben ser de tal magnitud, que puedan ser mantenidas en los procesos normales de forja y permitan construir dispositivos de maquinado que absorban sus variaciones.

La magnitud en sí de la tolerancia, no es importante, pero sí lo es que todos usemos los mismos límites para calificar la pieza.

Las tolerancias dimensionales tienen por objeto:

- 1 — Asegurar que la pieza tenga las medidas mínimas requeridas para garantizar la resistencia a los esfuerzos a que se encuentra sometida.
- 2 — Asegurar que la pieza no sobrepase medidas que puedan crear problemas funcionales, ya sea por interferencias o aumento de peso (tolerancia de peso).
- 3 — Garantizar que la pieza se mantenga en medidas máximas y mínimas preestablecidas y pueda ser fácilmente maquinada con dispositivos mecánicos de fijación.

Si una pieza está fuera de tolerancia de medidas, no entrará libremente en los dispositivos de maquinado. También puede suceder que si la zona que se encuentra fuera de tolerancia, es un punto de localización para maquinado, éste se desplace, ocasionando piezas defectuosas o inutilizables.

Una pieza con medidas fuera de tolerancia si llega a ser maquinada, por lo general crea interferencias que reducen la producción horaria de las máquinas, incrementando el costo de producción.

CALIDAD DE LAS BARRAS PARA FORJA

Una vez definida la calidad de una pieza forjada, establezcamos lo más extensamente posible la interrelación entre calidad de barras de acero y la pieza forjada.

No perdamos de vista durante la discusión que, dentro de los distintos tipos de acero y las varias calidades disponibles en el mercado, siempre debemos usar el de menor costo, que nos permita fabricar piezas forjadas para automotores aptos para cumplir con las condiciones mínimas exigidas.

Es muy fácil y tentador ponerse a cubierto de cualquier contingencia funcional, especificando aceros con condiciones técnicas excepcionales. Pero, indefectiblemente, elevamos el costo y nos apartamos de la regla principal de la Ingeniería "La máxima calidad con el mínimo costo".

Aceros al Carbono

Se considera acero al carbono, a todo aquel al cual no se le especifica contenidos mínimos de: aluminio, boro, cromo, cobalto, columbio, molibdeno, níquel, titanio, tungsteno, vanadio y zirconio, cuando el porcentaje mínimo especificado de cobre es menor de 0,40%, el manganeso es inferior a 1,65%, el silicio es inferior a 0,60% y el cobre es inferior a 0,60%.

En todos los aceros al carbono existirán residuos de elementos como: cobre, níquel, molibdeno, cromo, los cuales provienen de las chatarras usadas en su fabricación.

En las especificaciones actuales se considera que en los aceros al carbono estos elementos no se analizan ni se controlan.

Sin embargo, en ciertos casos muy especiales, es deseable mantener altos vestigios en valores altos para mejorar la templabilidad, en otros, será mejor que se encuentren en valores reducidos para disimularla. Siempre que sea requerido se debe especificar al fabricante del acero, los límites deseados y el uso a que estará destinado el material.

En general, se puede decir, que cierto porcentaje de residuales es beneficioso cuando el acero al carbono se use al estado templado y revenido, pues permite lograr durezas más homogéneas en el tratamiento térmico.

Dado el avance de la tecnología actual y el uso ya generalizado de espectrógrafos, que permiten el análisis rápido de estos elementos, sería necesario establecer, en las especificaciones, cual es el contenido máximo aceptable para estos elementos en los aceros al carbono.

Por lo tanto, es necesario que fabricantes y usuarios lleguen a un entendimiento sin llegar a restricciones muy difíciles de mantener.

Los valores máximos que se proponen desde el punto de vista de Forja y Tratamiento Térmico de piezas forjadas, son los siguientes:

Ni	0,30% máx.
Cr	0,35% máx.
Mo	0,08% máx.
Cu	0,30% máx.

Estos valores no crearían problemas y se consideran bastante conservativos.

En convenios verbales con una Acería Argentina, estamos usando estos límites sin problemas.

Aceros Aleados

Se consideran aceros aleados, cuando el rango especificado para los elementos de aleación excede los siguientes límites: manganeso 1,65%, silicio 0,60%, cobre 0,60%, o cuando se especifique un mínimo e un rango de variación para los siguientes elementos: aluminio, boro, cromo, cobalto, columbio, molibdeno, níquel, titanio, tungsteno, vanadio, zirconio u otro elemento agregado que actúe como aleación.

En todos los aceros aleados existirán elementos residuales no especificados, sus límites máximos están especificados en AISI (American Iron and Steel Institute) Alloy Steel Julio 1955 como sigue: cobre 0,35%, níquel 0,25%, cromo 0,20%, molibdeno 0,06%, en la práctica resultan aceptables.

Proceso de fabricación del acero

No creemos necesario incorporar en este informe una discusión sobre procesos de fabricación del acero por cuanto escapa a nuestra especialización.

Los aceros de horno eléctrico de arco son los que se compran normalmente, pero dejamos a criterio del fabricante la elección del proceso de fabricación, con la condición de que garantice una calidad adecuada.

Lo que sí podemos decir, es que el acero de colada continua, en muchos casos presenta grandes macroinclusiones, creando dificultad de maquinado especialmente en engranajes. Nuestra experiencia dice que aceros fundidos en lingotes grandes de varias toneladas, dan un producto final de mejor calidad, debido a las fuertes reducciones usadas posteriormente en la terminación.

Las acerías que parten, en su proceso de fabricación, de grandes lingotes, entregan un producto de mejor terminación superficial que prácticamente no tiene macroinclusiones.

El acero más usado en la forja de piezas de automotores es el calmado (killed) por su facilidad de forja y respuesta a los tratamientos térmicos.

Los aceros semi-calmados también son usados en algunos casos con satisfactorios resultados, pero en muy pequeña proporción.

Condiciones de superficie de las barras

Con esto entramos en el tema más difícil de definir. Para quién no esté familiarizado con el proceso de forja, debemos aclarar que los defectos superficiales de las barras de acero, se transmiten a la pieza forjada. La oxidación superficial de las barras en los hornos de forja suavizan o eliminan los pequeños defectos superficiales pero no eliminan los más profundos o graves.

Por una parte sabemos que es imposible lograr barras de acero con superficie completamente libre de defectos. Por otra parte, como ya dijimos, aceptamos que una pieza forjada puede tener pequeños defectos superficiales en las zonas no maquinadas. Esto así visto ligeramente parece que definiera dos límites de máximo y mínimo que aclara todo el problema de defectos superficiales.

Pero no es así, estos dos límites resultan muy vagos y mal definidos.

Cuál es la magnitud máxima que pueden tener los defectos superficiales de las barras y cuál la que pueden tener los pequeños defectos superficiales en las zonas no maquinadas de la pieza forjada?

Esta pregunta, en las especificaciones conocidas, queda sin contestación o si la dan, es tan vaga que no definen nada.

En general las especificaciones referentes a barras dicen:

- a) Las barras de acero deben estar libres de defectos superficiales como grietas, pliegues, etc.

Sabemos que desde el punto de vista económico y práctico esto no es aceptable, pues para garantizar esta condición debemos maquinar las superficies de la barra eliminando el defecto y

además, controlarlas con ensayos de polvos magnéticos, para asegurar que no queden defectos sin eliminar.

Esta forma de especificar es anti-económica, pues si bien se puede cumplir, su costo resulta prohibitivo en la industria automotriz.

- b) Las barras, dicen, deben estar libres de defectos *perjudiciales* tales como grietas, pliegues, etc.

Esto ya representa un gran paso, autoriza a que las barras presenten una cierta cantidad de defectos no perjudiciales.

Pero nuevamente en esta especificación tenemos una seria indeterminación.

Desde qué valor y hasta qué valor es perjudicial un defecto y cuándo deja de serlo?

En esta forma de especificar no hemos encontrado una aclaración, pero abre la puerta a una solución. La solución es especificar la profundidad máxima del defecto admisible en las barras, y definir la cantidad de defectos admisibles por unidad de longitud de barra. Establecidos estos valores con futuras especificaciones, podremos tener una definición de calidad de superficie de las barras para uso en forja.

Este problema de calidad de superficie, es la primera razón por la cual en la forja se prefiere no usar los productos llamados de desbaste.

“Definiendo desbaste como: productos obtenidos por una primera laminación o forja de los lingotes. Pueden ser de sección cuadrada o rectangular con las aristas redondeadas. Si bien los productos de desbaste son más baratos, tienen mayor cantidad de defectos superficiales.

Con respecto a la palanquilla o barra de segunda laminación, si se efectúa una buena inspección o acondicionamiento previo a los tachos del desbaste, resultan de mucho mejor calidad de superficie.

Veamos como hemos resuelto en la práctica este problema: En la recepción de barras para forja efectuamos un amolado sinusoidal en la cara de la barra; si encontramos defectos superficiales hacemos cortes transversales con la misma piedra de amolar y vemos a que profundidad deja de ser visible a simple vista.

Estimamos que en barras cuadradas cantos redondos, defectos hasta 0,8 mm de profundidad no crean problemas graves en la pieza forjada. La presencia de indicaciones de esa profundidad no mayor de 50 mm de longitud en cantidad de 3 por cara y por metro son aceptables. Los defectos poco profundos pueden existir en mayor cantidad.

Pero tomemos estos datos solamente como informativos, pues en buena forma, tratan de dar una idea somera del problema, en muchos casos hemos aceptado defectos mayores sin inconvenientes, y sin embargo, en varias oportunidades, aceros con defectos muy por debajo de estos límites, hemos tenido serias dificultades según el tipo de pieza forjada.

En general, diríamos que este punto merece un serio y profundo estudio y requiere ser resuelto

to a la brevedad de comun acuerdo entre laminadores y forjadores. Debemos recordar que en países de larga tradición industrial estos detalles a veces se definen por costumbre. En los nuestros, en pleno desarrollo, al no existir el hecho sentado o la especificación, debemos en muchos casos tomar una decisión o fijar una norma que no siempre es la más satisfactoria para todos, pues por lo general, al ser conservativa en exceso es anti-económica.

Es nuestra opinión que se deberían definir las siguientes magnitudes:

Profundidad máxima del defecto relacionado a la medida de la barra.

Severidad y frecuencia de los mismos.

Severidad y frecuencia de los defectos que deberán estar referidos a la unidad de superficie que se establezca.

Tolerancias dimensionales

Tolerancia de sección. Las tolerancias de sección de las barras de acero, influyen en la tolerancia dimensional de las piezas forjadas y su costo.

Influencia en la tolerancia dimensional de la pieza forjada

Se debe a que el proceso de forja seguido en IKA-RENAULT y que es el más usual en el mundo, se basa en el sistema de forjar la pieza en una matriz de varias impresiones, las cuales siguen una secuencia de deformaciones.

Este proceso permite pasar de la barra, ya sea redonda o cuadrada, a una pieza de forma más o menos complicada, con un solo calentamiento. Pero es condición muy importante que desde la barra a la impresión final, se mantenga una relación de volúmenes prefijados. Para el diseño se establecen todas estas secuencias partiendo de la sección de barra con tolerancia al mínimo. Si las barras de una partida de acero están bajo tolerancia, el volumen de que se parte resultará menos que el necesario para llenar la impresión final, y tenemos piezas bajo medida por falta de llenado. Estas piezas son, en su mayoría, no recuperables.

Si la barra está sobre tolerancia, sobrará un cierto volumen de acero que en la impresión final aparece como rebabas que se tiran con el consiguiente aumento de costo.

Recuérdese que en forja una barra cuadrada cantos redondos de 55 mm entre caras con tolerancia de $+0,8 - 0,0$ mm si viene con 1 mm en más sobre la tolerancia especificada, sobre un peso teórico de 23,9 kgs. por metro representa un aumento fuera de tolerancia de 0,856 kgs. por metro, lo cual significa un 3,6% de acero perdido en rebabas.

En general podemos decir que las normas de tolerancias dimensionales AISI son más pe-

queñas que la DIN, por lo tanto, resulta más económico a igualdad de costo de acero, trabajar con las primeras.

El problema de las tolerancias dimensionales es la segunda razón por la cual se prefiere usar aceros de segunda laminación (relaminados) en forja.

Los productos del tren desbastador, o no se fabrican a tolerancia dimensional, o se fabrican con tolerancias dimensionales muy grandes.

En otras especificaciones para los productos de desbaste se establecen tolerancias de peso por unidad de longitud, pero estas se traducen en tolerancias dimensionales excesivamente grandes.

En IKA-RENAULT S. A. usamos como especificaciones dimensionales de sección, las de norma AISI, las cuales consideramos cumplen a satisfacción con los requisitos de la forja.

Tolerancia de largo de barras

Las tolerancias de largo de barras están perfectamente definidas en las normas AISI, quedando a criterio del forjador, especificar largos aproximados, o medir largos en múltiplos.

Cualquiera sea la especificación de largo usado, se prefiere que las barras sean de alrededor de 6 metros por su facilidad de transporte y manipulación.

Tolerancia de rectitud

Consideramos que una flecha máxima de 4 mm por metro o su equivalente $1/4''$ por cada 5 pies, es satisfactorio. El exceso de flecha o falta de rectitud influye en forja, solo en la operación de corte, creando inconvenientes de manipulación en las guillotinas con alimentación automática o semi automática.

Terminación de superficie

En forja, como la barra laminada está sujeta a un nuevo calentamiento, la superficie con el laminillo producido durante el enfriamiento es perfectamente aceptable.

Si el fabricante del acero se ve obligado, por razones de acondicionamiento, a granallar, decapar, amolar, o usar otro método de terminación de las barras, éstos se aceptan siempre que los mismos se mantengan dentro de las tolerancias dimensionales especificadas.

Tratamiento térmico

Generalmente, las barras laminadas en caliente sin tratamiento térmico posterior se adaptan perfectamente al proceso de forja.

Si las barras van a ser cortadas en guillotina en frío o en sierra circular, en este caso, para muchos aceros será necesario efectuar un enfriamiento lento, directamente de laminación o un recocido en horno. El objeto principal de este tratamiento es reducir la dureza Brinell del acero

a valores aceptables para estos procedimientos de corte. Los aceros al carbono y resulfurados con más de 1,00% de manganeso se cortan en frío más fácilmente al estado recocido.

En los aceros aleados, de acuerdo a nuestra experiencia, se puede decir que salvo algunos de cementación, la mayor parte deben pedirse recocidos para evitar el agrietamiento cuando se cortan en guillotina en frío o en sierra circular. Los aceros que se deben cortar en guillotina en frío o en sierra circular. Los aceros que se deben cortar en guillotina en caliente o comprar recocidos son los citados en la tabla 3-12 página 18 de la especificación Steel Products Manual — Alloy Steel — Año 1955”.

No es necesario especificar una estructura metalográfica determinada. Las barra de acero con dureza Brinell inferior a 217 HBN se pueden cortar en guillotina en frío o en sierra circular sin inconvenientes.

Tamaño de grano austenítico

En el proceso de froja los aceros al carbono y aleados más usados son los de tamaño de grano fino N.º 5-8 determinado por método ASTM E 19. En la práctica se aceptan aceros con grano duplex, siempre que el 70% de los cristales esté dentro de N.º 5-8.

Templabilidad

Cuando en los planos se especifica acero de templabilidad controlada, se aplican las especificaciones SAE J 406a, para Método de Ensayo y la especificación SAE J 407b para los límites de análisis químico y bandas de templabilidad.

La descripción del método de ensayo está detallada en la norma SAE que no deja dudas al respecto. Los resultados del ensayo en nuestro Laboratorio reproducen los valores de los informes del fabricante con asombrosa exactitud, las desviaciones observadas son menores de 6 Pc número Pockwell.

En estudios especiales, cuando deseamos controlar aceros al carbono o aleados de baja templabilidad, la probeta S.A.C. mostrada en norma SAE J 406a nos ha dado una información más constante que el ensayo Jominy.

En los aceros al carbono al tener una caída de dureza muy brusca en los primeros 3/16”, pequeños errores en determinar la ubicación del valor de origen para definir la curva Jominy, dan valores muy variables de templabilidad.

Ensayos macrográficos

Ataque ácido: El método de ataque es por inmersión en ácido clorhídrico 50% a temperatura 70°C, aplicándose a una sección de la barra de acero previamente pulida. La limpieza y homogeneidad de las barras ensayadas es evaluada en base a la Military Standard 430A.

Las condiciones de superficie S, condiciones medias R y segregaciones centrales C, las consideramos aceptables hasta el valor 3, teniendo en cuenta que los aceros en condiciones 4 y 5 son rechazables pues transmiten fallas internas graves a las piezas forjadas.

Un macrodefecto muy común en las barras de acero, es la presencia de rechupe del lingote, debido a un despunte insuficiente. El uso en acería del control de ultrasonido da excelentes resultados para eliminar este problema.

Clasificación de inclusiones por inspección magnética

La norma SAE J 421a establece el método de ensayo por inspección magnética para medir la cantidad de inclusiones o defectos internos de un acero. Este método revela la presencia de inclusiones o grietas internas. La presencia de grietas internas (flakes) no es aceptable.

Las inclusiones pueden ser evaluadas en términos de frecuencia y severidad. Cuando se especifica aceros de calidad aviación, la especificación SAE J421a establece límites máximos para la severidad y frecuencia. En los casos de aceros para la fabricación de automotores, estos valores no han sido fijados.

En nuestra fábrica, usamos este ensayo como verificación en los casos en los cuales observamos por los ensayos metalográficos, que los aceros tienen posibilidad de tener grandes macroinclusiones.

Si al efectuar el ensayo de partícula magnética, encontramos grandes macroinclusiones o el acero acusa severidad y frecuencia muy superior a lo especificado para aeronáutica, consideramos rechazada la partida e iniciamos tratativas con el fabricante. Hemos tenido pocos casos de discusión y en su mayoría el fabricante acepta el rechazo. No obstante sería necesario fijar límites de severidad y frecuencia para aceros en uso en la industria automotriz.

Tenemos referencias de que la firma Industrias Metálicas de Navarra S. A. de España, tiene establecidos estos límites para los aceros de uso en industria automotriz.

Sería muy satisfactorio que fabricantes y usuarios de aceros llegaran a un acuerdo estableciendo límites de aceptación para método de ensayo de defectos internos por partículas magnéticas.

Ensayos micrográficos

En este ensayo principalmente determinamos las microinclusiones clasificándolas según norma ASTM E 45-63 el promedio de las probetas deberá ser inferior a 3,5, Tabla I, no debiendo el espesor o diámetro de la microinclusión superar los 25 micrones.

En la práctica estas limitaciones especificadas en nuestras normas, son cumplidas por las acerías sin necesidad de recurrir a métodos especiales de fabricación y sin costo adicional.

Grandes macroinclusiones

A esta altura creemos conveniente aclarar un poco más extensamente esta expresión que hemos venido usando muy a menudo. El término "grandes macroinclusiones" lo aplicamos a inclusiones de un espesor de 0,5 mm a 3 mm y en casos excepcionales aún mucho mayores. Son visibles a simple vista en la pieza maquinada. Estas macroinclusiones aparecen muy aisladas en las barras. Para dar una idea del problema citemos ejemplos prácticos: En cingüñales de acero SAE 1046 de un peso de alrededor de 40 kgs. aparece en un 3% de la piezas una macroinclusión de 0,5 a 1,0 mm de espesor y 5 a 15 mm de largo, raramente un cigüeñal presenta más de una macroinclusión.

En engranajes de acero SAE 8620 encontramos, en ciertas partidas, que el 3% de las piezas maquinadas presentan inclusiones poliédricas con medida entre cara de hasta 4 mm.

En ambos casos las piezas que presentan estos defectos deben ser descartadas pero ya han producido rotura de herramientas que son muy costosas.

Es de hacer notar, que los aceros que presentan estas grandes macroinclusiones aisladas, en el ensayo ataque ácido profundo en el de partícula magnética y en el de microinclusiones, están dentro de tolerancia. Este problema se observa más frecuentemente en acero de colada continua, pero también aparece en aceros fabricados partiendo de lingotes.

No hemos encontrado a la fecha, un ensayo que nos permita detectar este defecto en la recepción del material; y debido a la forma tan localizada en que se presenta el defecto, parecería difícil llegar a encontrarlo.

La solución, en casos extremos, ha sido eliminar de nuestras listas de proveedores a los fabricantes de aceros que proveen material con este defecto en forma reiterada.

Análisis químico

Nuestras normas de acero y órdenes de compra, al especificar análisis químico, si bien no lo aclaran explícitamente, se refieren en todos los casos a análisis de cuchara. Es decir, que el análisis de control (check analysis) que se efectúe a las barras podrá estar fuera del análisis especificado pelo dentro de las desviaciones permitidas por las normas AISI o SAE para las tolerancias de desviación. (Check Analysis Tolerance).

Esta necesidad de la extra tolerancia para el análisis químico de control sobre barras, se considera imprescindible pues las segregaciones de los elementos en el proceso de solidificación del lingote, son apreciables e imposibles de eliminar en producción normal.

Método de análisis

Consideramos que los Métodos de Análisis Químicos de Metales de ASTM, dada la meticulo-

sa especificación de cada paso de su proceso, son los más adecuados, permitiendo reproducir los resultados en distintos laboratorios dentro de valores muy próximos.

Los métodos espectrográficos por su exactitud y velocidad operativa, actualmente se consideran insustituibles.

Propiedades fisico-mecánicas

En general, salvo que se especifique en los planos, no efectuamos ensayos de tracción, choque o fatiga en los aceros que usamos para forja.

Estimamos que si el tamaño de grano, los ensayos macrográficos, el análisis químico y la templabilidad es correcta, los valores fisico-mecánicos serán satisfactorios para cubrir los requerimientos de una pieza forjada para automotores.

Sin embargo, consideramos que estos ensayos deberían ser realizados en la acería con el objeto de verificar la calidad del producto elaborado, dependiendo de la experiencia y valores estadísticos que posean, la frecuencia con que se realicen.

Identificación por colada

En la práctica de forja ha resultado muy conveniente y de una ayuda extraordinaria el mantener separado el acero por coladas. Cuando se efectúa temple y revenido de piezas forjadas antes del maquinado, especialmente en los aceros carbono, el mantenerlo identificado por coladas permite un ajuste de dureza Brinell que no resultaría posible de otra forma.

El mantener el acero en depósito separado por colada, permite cuando aparecen dificultades de fabricación, delimitar más fácilmente, si se debe a un problema de calidad del acero, o del proceso de forja. Si una colada es la defectuosa se puede separar con facilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. «El Acero para la Industria Mecánica — Por Ing. Eduardo R. Abril — Publicado en Revista Latinoamericana de Siderurgia N° 104 — Diciembre de 1968.
2. «Steel Products Manuals — Carbon Steel — Semifinish for Forgings — Hot Rolled and Cold Finish Bars» — Publicado por «American Iron and Steel Institute». U. S. A.
3. «Steel Products Manuals — Alloy Steel Semifinished — Hot Rolled and Cold Finished Bars» — Publicado por «American Iron and Steel Institute» U. S. A.
4. SAE Handbook 1968 — Publicado por «Society of Automotive Engineers Inc». U. S. A.
5. «Metals Handbook» — Edición 1958 y Edición 1961. Publicado por «American Society for Metals» U. S. A.
6. «Normas DIN de Materiales y ePrfiles» — «Acero Hierro y Acero» del «Deutscher Normenausschuss» de Alemania-Traducción al Español Editorial Bilbao, España.
7. Book of ASTM Standards» — Publicado por American Society for Testing Material» — Philadelphia U. S. A. — Edición 1965.
8. «Especificaciones de materiales IKA-RENAULT S. A.» — Aceros al Carbono o Aleados IKA-RENAULT S-300 al 3041.
9. «Selección de Aceros Térmicamente Tratables» — Por R. H. Stilwell. Publicado en la Revista de «The Iron Age» — Febrero 14 de 1952 Vol. 169, N° 7.
10. «Republic Alloy Steel» — Publicado en 1961 por Republic Steel Co. Ohio, U. S. A.
11. «Standard Practices and Tolerances for Impression Die Forging» Publicado por Drop Forging Association, U. S. A.

DEBATES

Julio Pepino (Presidente) ² — Tem a palavra o Sr. Orientador.

Carlos A. Martinez Vidal (Orientador) ³ — Em primeiro lugar, quero felicitar o Sr. Rodolfo Enrico, pelo trabalho apresentado, o qual começou com uma exposição sobre qualidade e custo para barras laminadas a quente, para serem aplicadas posteriormente à forja.

Seu trabalho ressalta essa necessidade. Quanto ao tipo de processo de fabricação do aço, o autor pretende que se adotem apenas normas de qualidade de material.

Com referência às condições de superfície das barras, surge um problema bastante sério, que é o da definição de tolerância em qualidade superficial. Isso poderia dar lugar a um trabalho exaustivo.

No tema relativo à classificação de inclusões por inspeção magnética, apresenta a necessidade de se avaliar em termos de severidade e de frequência. Todavia, esse assunto é bastante vago.

Com relação às macroinclusões, indica que não há ensaio para detectá-las previamente.

Finalmente, encerra seu trabalho com um comentário sobre a identificação por corrida das barras que vão diretamente aos trabalhos de forja.

Ontem, ao iniciarmos este seminário, declarei que era preferível um diálogo múltiplo, o mais amplo e informal possível. Usualmente, quando termino uma aula, ou quando concluo um seminário, efetuo o que chamamos “um minuto de ódio”. O “minuto de ódio” nada mais é do que uma crítica e autocrítica, que dizem respeito ao que foi realizado. Minha crítica e autocrítica, que dizem respeito ao que foi realizado. Minha crítica e autocrítica quanto à forma pela qual estamos levando a efeito este seminário, é que nos encontramos num ambiente com características de um congresso, no qual se lê um trabalho e se discute somente o que foi dito sobre esse mesmo trabalho, e não de um seminário, onde o que se solicita é o intercâmbio de experiências. A leitura do trabalho não é nada mais do que escusa para orientar o diálogo. Por isso me referia ao diálogo múltiplo.

Quero, pois, aproveitar esta oportunidade, para que esse diálogo múltiplo se estabeleça. Convido a todos a abordarem, em maior ou menor grau, sua experiência dentro de cada um dos temas, não somente a respeito do trabalho apresentado pelo Sr. Rodolfo Enrico, mas também dos demais que serão debatidos; que não só procurem aclarar dúvidas a respeito dos trabalhos expostos, mas também efetuem relatos positivos de suas experiências nas indústrias, firmas ou laboratórios,

principalmente da parte daqueles que não apresentaram trabalhos, mas que aqui têm muito para dizer. O êxito deste seminário dependerá disso, e não somente de 10 ou 15 trabalhos que possam ser lidos.

Estão abertos os debates.

Bartolomé Pizá ⁴ — Disse o Sr. Rodolfo Enrico que, quando uma firma desejava aço com diâmetro maior, se indicava à fábrica maior quantidade residual. Pergunto se, nesse caso, não seria mais conveniente determinar-se um outro tipo de aço, com um diâmetro crítico ideal maior, já que me parece um pouco perigoso apontar somente maior número de elementos residuais.

Rodolfo N. Enrico — No caso do cliente especificar um aço ao carbono e não querer pagar a diferença de custo que representa a utilização de um aço-liga, que seria a solução correta, ante a nossa necessidade de entregar peças de uma penetração de têmpera mínima definida, fizemos um aço-liga adicionando resíduos na proporção mais alta possível, mas dentro do admissível na prática comercial. Dessa forma, logramos chegar, com pequenos valores de cromo, níquel, cobre e molibdênio, a um equivalente a 1% de cromo, que seria um aço que resolveria o problema. Caso contrário, teríamos que usar um aço 50-cromo-4, que representaria a solução correta.

Bartolomé Pizá — Não aparecem casos em que, não eliminando resíduos no processo surge por exemplo, algum resíduo que cobre, em maior proporção do que se pode admitir?

Rodolfo N. Enrico — Não, o problema é muito bem controlado, porque a firma Santarosa S/A, dispõe de dois espectrógrafos de vazios, nos quais pode analisar todos os elementos, e nos manda análises, com um certificado em cada corrida de aço vendido.

Bartolomé Pizá — Quanto aos defeitos superficiais não se pôs ainda em prática algum sistema de controle por achatamento?

Rodolfo N. Enrico — Esse sistema de controle não tem dado bom resultado. Ao cortarmos um pedaço e ao achatá-lo de ponta, a quente, a 1.200° — pois é secção de barra grande — não aparece nada. Entretanto, na mesma partida de aço em produção aparece um grande número de peças que se abrem.

A falha é esta: teríamos que fazer uma limpeza superficial de todas as barras, procurar os lugares onde há defeitos e, nesses lugares, fazer o achatamento. Nesse caso, na verdade, o achatamento é inútil, porque se limpamos a barra, verificamos o defeito.

Detlef W. Schultze ⁵ — O Sr. mencionou na página 9 defeitos prejudiciais, analisando-os sob o

(2) Sociedad Mixta Siderurgia Argentina — Buenos Ayres, Argentina

(3) Comisión Nacional de Energía Atómica — CNEA — Buenos Ayres, Argentina

(4) Altos Hornos Zapla — Buenos Ayres, Argentina

(5) Panambra Industrial e Técnica S.A. — São Paulo, Brasil

ponto de vista da profundidade das trincas. É do meu conhecimento que o processo "magna-flux" com pó magnético não permite tirar conclusão sobre a profundidade da trinca. Sei que existem processos, talvez não de produção, mas para medição da profundidade da trinca, e que está em desenvolvimento um processo industrial, pela chamada magnetografia, que permite classificar os defeitos. Gostaria de saber que aplicação o Sr. faz para a medição da profundidade das trincas.

Rodolfo N. Enrico — Não aceitamos trincas nos aços. As únicas que aparecem são fáceis de determinar, pois surgem geralmente nos aços que contêm muita liga. Trincas externas geralmente não aparecem nas barras laminadas. O que existem são pregas. O método "magna-flux" detecta a presença de pregas, mas é tão prático como o de afiar um pedaço de barra e observá-lo visualmente. As pregas de laminação são vistas facilmente, quando são mais ou menos profundas. Se a cortarmos com a pedra, podemos chegar à determinação visual da profundidade, o que é muito mais prático do que o método magnético.

O método magnético, por outro lado, apresenta um grave problema. Se o Sr. coloca uma barra no ensaio "magna-flux", aparece uma quantidade tão grande de defeitos que não mais se sabe qual é grave. Ademais, o método "magna-flux" não define a profundidade de defeito.

Não tenho experiência de outro método magnético, e, portanto, não posso esclarecê-lo nesse sentido. Possivelmente, quando se aperfeiçoar um pouco mais o ultra-som, chegaremos a melhores resultados.

*Walter Egon Ay*⁶ — Pergunto ao Sr. Rodolfo Enrico se tem prática na utilização de aços-carbono ou aços-liga, com adição de chumbo, e se a utilização desses aços na forja requer cuidados especiais.

Rodolfo N. Enrico — Não. Procuramos substituir os aços ao chumbo por aços resulfurados. Não temos, pois, experiência em aço ao chumbo. São fabricados na Argentina, mas não temos experiência nesse sentido. A razão pelo qual os substituídos pelos aços resulfurados é devida ao elevado custo dos aços ao chumbo, o que não justifica a sua utilização em pequena escala.

O Sr. Walter Egon Ay — Eu não havia compreendido bem esta parte: não entendi se os lingotes maiores causam menos problemas do que os menores, ou vice-versa.

Rodolfo N. Enrico — Os grandes lingotes são as barras laminadas. As barras obtidas de lingotes grandes são muito melhores do que as obtidas de lingotes pequenos. Os aços de origem norte-americana, japonesa ou inglesa, em geral têm melhor acabamento de superfície e inclusões muito finas e grandes. Os franceses, italianos, os nossos e alguns do Brasil são inferiores. Isto não quer dizer que os aços americanos sejam os melhores. Todos seguem as normas, porém os aços americanos

apresentam melhor superfície; neste particular são seguidos pelos japoneses.

Carlos A. Martinez Vidal (Orientador) — Os lingotes grandes são utilizados, especificamente, de aços acalmados, e os problemas de segregação não são tão grandes. Obtem-se, então, para igual volume, um material com maior deformabilidade plástica e, portanto, com melhores propriedades mecânicas. Tem-se um material muito mais uniforme no que diz respeito à propriedade mecânica e à qualidade final.

Rodolfo N. Enrico — A limitação dos lingotes grandes, por outro lado, é demasiada e, pelo menos em nosso país, temos que viver com as produções normais que fazemos, obtendo, entretanto, bons resultados.

Walter Egon Ay — Na página 4, o autor diz que a usinagem de peças temperadas em óleo é feita melhor do que em água. Isso é explicado através da microestrutura do aço? Qual seria a microestrutura ideal?

Sr. Rodolfo N. Enrico — Sim. Isto se explica pela diferença de estrutura metalográfica. Por exemplo: os casos clássicos são as bielas de motores. Nessas circunstâncias, as normas, as especificações e os planos falam de que as bielas se fazem, em geral, de aços 10.38, ou então, usa-se a norma DIN 1.30 cromo 4. Quase todas as especificações são em tempera de água. Nossa experiência é que se não deve fazer assim. Os aços 10.38 e 51.30, em tempera de água são completamente martensíticos. Nos revenidos temos estrutura muito homogênea e é muito difícil de perfurar. Em geral um aço temperado em óleo dá uma heterogeneidade maior e, então, aparece a ferrita intergranular, sendo melhor a usinagem.

Walter Egon Ay — Posso acrescentar que a prática da Volkswagen prova justamente o contrário. Nós exigimos, para melhor usinagem, e, principalmente para bom acabamento superficial de regiões brochadas ou torneadas, que a peça tenha tido inicialmente uma mistura totalmente martensítica e depois tenha sido revenida. Naturalmente não pode apresentar a sulfita globular.

Rodolfo N. Enrico — Possivelmente os Srs. trabalham com brochas de cortes escalonados. Nesse caso, a tempera em água é melhor, porém a operação de brochar é mais custosa, leva mais tempo e o custo das brochas é muito maior. Nós somente usamos brochas inteiras, de um só corte em cada escalão, e não podemos temperar em martensítica. Em geral, nossos clientes trabalham com o mesmo tipo de brochas.

Walter Egon Ay — Qual o estado de tratamento térmico para a usinabilidade que o Sr. utiliza em engrenagens e quais os aços de engrenagens mais comuns?

Rodolfo N. Enrico — Os clientes querem que os aços de cementação se usinem facilmente, mas não é o que ocorre. Há clientes que têm normalizado com aços de alta dureza: em geral, a Mer-

(6) Volkswagen do Brasil S.A. — São Paulo, Brasil

cedes Benz obtêm talhadas excelêntes, com acabamento superficial muito bom, com aço de alta dureza. Outros clientes pedem recozimentos isotérmicos. Comparando diversos processos, eu diria que o recozimento isotérmico é um pouco mais difícil de usinar; é um pouco mais pastoso; mas, por outro lado, permite maior vida às ferramentas e melhor cementação, eis que apresentam menor distorção. Quanto a esta última parte, não vejo razões de ordem técnica. Se uma engrenagem tem distorção, ela é produzida quando se faz têmpera em óleo. Em geral, a distorção é atribuída a outros fatores, como o dispositivo de suporte da peça no forno, o dispositivo de têmpera, a velocidade com que é cortada essa peça, etc. Enfim, é muito complexo êsse problema de aço-cementação. Não encontrei solução para todos os problemas.

Walter Egon Ay — Querria complementar que a Volkswagen usa aços ao cromo e aços ao cromo-manganês, e para todos exige um recozimento a grão grosso para um tamanho de grão de 2 a 5. É um recozimento a grão grosso isotérmico. Eventualmente também se pode fazer diretamente, a partir da temperatura de forja, com muito bom resultado.

Rodolfo N. Enrico — Já experimentamos a facilidade de usinagem a grão grosso, a 1.100°, e depois um recozimento a 650°. Conseguimos um aço mais brando, com maior tempo de vida das ferramentas, mas com um acabamento superficial superior. Possivelmente porque não usamos os mesmos aços.

Fazemos mais ou menos uma trezentas toneladas mensalmente, e usamos em nossa usina. O aço é 86.20, com cromo, níquel e molibdênio. E a produção vai muito bem. Os Estados Unidos foram os criadores do recozimento a grão grosso. Em muitas usinas, entretanto, êsse processo foi eliminado.

Walter Egon Ay — Em aço 86.20 e 46.20 êsse tratamento não é indicado.

Rodolfo N. Enrico — No aço 46.20 é obrigatório o recozimento isotérmico, porque a dureza é grande.

*Roberto Alfredo Villanueva*⁷ — Com relação à página 8, no que diz respeito à corrida contínua, gostaria de perguntar se as barras de corrida contínua são usadas na IKA-Renault e como saem da máquina.

Rodolfo N. Enrico — Nós as recebemos da aciaria: não sei se com reduções posteriores ou não. Não conheço o processo em detalhe. Têmolas recebido de todas as partes do mundo. Usamos aço japonês, da SAFLE, sócia da IKA-Renault na França; da Fortuna, na Alemanha; da Finlândia etc. Destas eu me recordo, pois temos tido problemas de inclusões e muitas reclamações. Exceção as da Japão, as demais eram todas corridas contínuas e apresentavam inclusões poliédricas, que alcançavam de meio a quatro milímetros.

Roberto Alfredo Villanueva — Detectaram o tipo de inclusão?

Rodolfo N. Enrico — Não. Vistas ao microscópio têm o aspecto de um silicato de manganês com óxido de ferro. Todas essas inclusões foram encontradas a três ou quatro milímetros abaixo da superfície, por isso aparecem mais facilmente nas engrenagens, ao se cortarem os dentes, do que nas outras peças.

Roberto Alfredo Villanueva — Aparentemente, segundo a última literatura técnica a respeito, há certos autores que aconselham que os produtos de corrida contínua não devem ser usados diretamente em forja por estampa. Devem ser primeiro reduzidos de 2 a 1 ou de 4 a 1 na área, possivelmente com o objetivo de se romper a estrutura dendrítica. Não devemos esquecer que as barras de corrida contínua, na verdade, têm apenas a forma de tarugos; assemelham-se muito mais à estrutura de um lingote, extremamente alongada.

Para informação dos presentes, devo dizer que estamos produzindo barras de 75 x 75 e 100 x 100. As barras de 100 x 100, indubitavelmente, ao se reduzir de 3 a 1 e de 4 a 1, em área, vão dar um quadrado extremamente pequeno, para ser usado na maioria das forjas. A partir de dezembro dêste ano, teremos equipe para fazer 125 x 125, de modo que numa redução de 3 a 5 podemos alcançar 75 x 75 e, aí, cremos que tenhamos possibilidade de êxito em trabalhos de forja.

Rodolfo N. Enrico — Trabalhamos muitos anos com aço fundido; já há algum tempo estamos trabalhando com aço forjado. Não sei o que se poderia deduzir: se é suficiente apenas aumentar a ductilidade do aço, pela redução de secção e resistência ao choque, ou melhorar a estrutura dendrítica. Creio que não ganharíamos muito, pois haveria encarecimento no custo. A estrutura dendrítica nas peças forjadas de autoveículos não tem nenhuma importância; nas peças de aviação, onde se procura o máximo de qualidade, sim. Aí se procuram aços de estrutura a mais homogênea possível, para que se obtenha o máximo no choque, o máximo de resistência à tração, a máxima ductilidade, que é a única coisa que baixa nos aços que tem pouca redução de lingotes na peça final.

Eu diria que praticamente a peça fundida de aço, se pudesse fundir, cumpriria perfeitamente as condições de uso do autoveículo. A prova é que a General Motors está fazendo pontaletes com braços de direção em uma só peça fundida. Atualmente a firma "ITON" de Buenos Aires está fazendo experiências a fim de dar início à fundição de pontaletes para a General Motors, para autoveículos.

*Avelino Garcia Uteau*⁸ — O que seria aço nodular, em seu entendimento?

Rodolfo N. Enrico — Nodular eu diria ser um aço fundido com muito grafite redondo dentro da massa, de fácil usinagem, como se fôsse resulfurado. Pode-se forjá-lo, pode-se retorçê-lo, pode-se fazer qualquer operação. Atualmente, a

(7) Dalmine — Siderca S.A. — Buenos Ayres, Argentina

(8) Cia. de Acero del Pacifico y Universidad de Concepción — Concepción, Chile

técnica nodular está muito avançada e tem dado muito bom resultado.

Avelino Garcia Uteau — Gostaria de saber se a IKA-Renault, através do Sr. Rodolfo Enrico, nos poderia dar alguma informação com referência à barra em espiral ou plana, e se os limites de descarbonetação que aceitam são os da especificação AISI ou mais estritos.

Rodolfo N. Enrico — Não sou especialista na matéria, porque estou um pouco afastado desse sistema. Porém posso dizer-lhe que na Argentina esse tema é muito comentado.

*Oscar Alberto Podestá*⁹ Sabemos que uma barra laminada tem descarbonetação total em certas grandezas, e parcial em outras grandezas. Teríamos uma zona de ferrita pura ou praticamente pura; depois uma zona esfumada, onde diminui e, finalmente, a zona interior, onde a porcentagem de carbono é a normal da barra. Aceitamos que se pode chegar até 0,8 mm máximo na laminação, para barras sem tratamento térmico. Após a descarbonização parcial, pode-se chegar a 0,6 mm; isto é, ela seria de 1,4 mm entre total e parcial.

Levamos esse fato em consideração porque depois esquentamos a barra na forja e voltamos, se não há descarbonetação, a produzir no forno de forja. Às peças que se usam diretamente, de forja, sem tratamento térmico posterior, dá-se suficiente material para usinar, a fim de eliminar esse inconveniente, 2 com 5 mínimo. As peças que vão temperadas e revenidas, as peças recozidas ou as barras que se compram recozidas, por exemplo, com aço 86.40, 51.40 para corte a frio em guilhotina, não apresentam isso, devido à difusão de carbono no interior.

Se se faz uma determinação numa peça temperada e revenida, estando muito bem controlada a relação ar-combustível no forno de tempera, mantendo um excesso bastante respeitável de ar e não de combustível, isso desaparece e se transforma numa descarbonetação parcial, que normalmente está entre 0,5 e 0,6. Temos que tomar cuidado, entretanto, na maneira como se mede esse valor; é preciso medi-lo em aços ao carbono, esfriados ao ar. Se se medir a descarbonetação numa peça temperada encontrar-se-ão auréolas, em geral, que são muito maiores. Ter-se-á martensita pura, austenita residual e martensita revenida, que darão uma estrutura muito clara, que se confunde muito com descarbonetação.

Avelino Garcia Uteau — Ouvi que para reduzir a descarbonetação superficial é conveniente estabelecer-se uma relação ar-combustível no forno.

Rodolfo N. Enrico — Em todos os tratamentos metalúrgicos, a menos que se usem atmosferas controladas, não se devem usar atmosferas redutoras, pois isso acarreta muitos problemas.

Quando se usa atmosfera controlada, é outra coisa. Nesse caso, estar-se-á usando uma atmos-

fera cementante ou ligeiramente cementante. A relação óxido carbônico-anidrido carbônico é regulada. Nos queimadores que trabalham em fornos de chama indireta não se pode regular aquela redução. Se uma atmosfera oxidante come rapidamente o aço, a capa descarbonetada desaparece também mais rapidamente, e se obtém uma chapa praticamente sem carbonetação. Nesse caso, as peças teriam que ser laminadas e depois tratadas termicamente, para eliminar essa capa. Talvez aí o mais correto fosse um recozimento de globulização porque são peças de alto carbono. Esse recozimento faria com que o carbono fosse eliminado e se obteria quase nada de carbonetação.

Carlos A. Martinez Vidal (Orientador) — Estendemo-nos demais no tempo destinado à discussão. Queria, pois, somente agradecer ao Sr. Rodolfo N. Enrico, pela apresentação de seu trabalho e, sobretudo, as contribuições posteriores.

Vamos, pois, passar ao trabalho do Sr. Alfredo Dietrich, da Volkswagen do Brasil.

O SR. PRESIDENTE — O segundo trabalho trata do "Contrôle de qualidade de chapas de aço na indústria automobilística", e será apresentado pelo Sr. Alfredo Dietrich, técnico-mecânico em construção de máquinas e motores; é formado em estudos de tempos e movimentos, e atualmente é assistente técnico do Departamento de Inspeção de Peças Prensadas e Armação do Produto, da Volkswagen.

Colaborou, também, na apresentação desse trabalho, o Sr. Walter Egon Ay, químico industrial, formado na Escola Técnica de Química "Eduardo Prado", em 1965, tem curso de especialização de Metalografia no Instituto Brasileiro de Assuntos de Qualidade, obtido em 1965; especializou-se no controle de qualidade de material na Volkswagen da Alemanha, em 1966; atualmente é assessor da gerência da Divisão de Laboratório da Volkswagen do Brasil.

Tem a palavra o Sr. Alfredo Dietrich.

Sr. Alfredo Dietrich — Em nome da Volkswagen do Brasil, cumpre-nos, em primeira instância, agradecer a honra do convite para tomar parte neste seminário dedicado ao exame de problemas de qualidade ligados à laminação. Aproveitamos o ensejo para congratularmo-nos e cumprimentar a Associação Brasileira de Metais, o Instituto Brasileiro de Siderurgia, o Instituto Latino-Americano de Ferro e Aço, o Conselho Nacional de Energia Atômica e a Escola de Engenharia de Minas Gerais, patrocinadores deste certame.

Agora, passemos diretamente à apresentação do trabalho.

— O Sr. Alfredo Dietrich expõe o trabalho "Contrôle de qualidade de chapas de aço na indústria automobilística", de sua autoria, e do Sr. Walter Egon Ay.

(9) Altos Hornos Zapla — Buenos Ayres, Argentina