

# ACABADO Y ENSAMBLAJE DE MATERIALES PLÁSTICOS. *Parte I.*

## INTRODUCCIÓN

Aún cuando una multitud de piezas de plástico pueden ser moldeadas fácilmente para conseguir la forma general deseada, muchas partes de plástico requieren un acabado adicional antes de lograr su forma final de uso. Para algunas partes, el acabado final es tan simple como remover los bebederos y los sistemas de alimentación del material fundido. Los acabados adicionales de otras piezas, consisten en acoplar las partes en ensamblajes, ya sea con simples juntas bola y cuenca o algún otro método de unión mecánica o por medio de uniones adhesivas o no adhesivas. Una de las ventajas de los plásticos sobre los metales y los cerámicos es la multitud de maneras como un ensamblaje entre partes plásticas puede ser realizada.

Las piezas plásticas pueden también necesitar ser recubiertas o decoradas para su uso final. Este recubrimiento o decorado puede ser hecho por medio de la laminación de las piezas de plástico junto con otros materiales (tales como: tela, metal, u otros plásticos.) o por medio de pintado, estampado,

metalizado, o tan solo dándole una textura nueva a la superficie. Cabe anotar que existen varios métodos para lograr cada una de estas tareas.

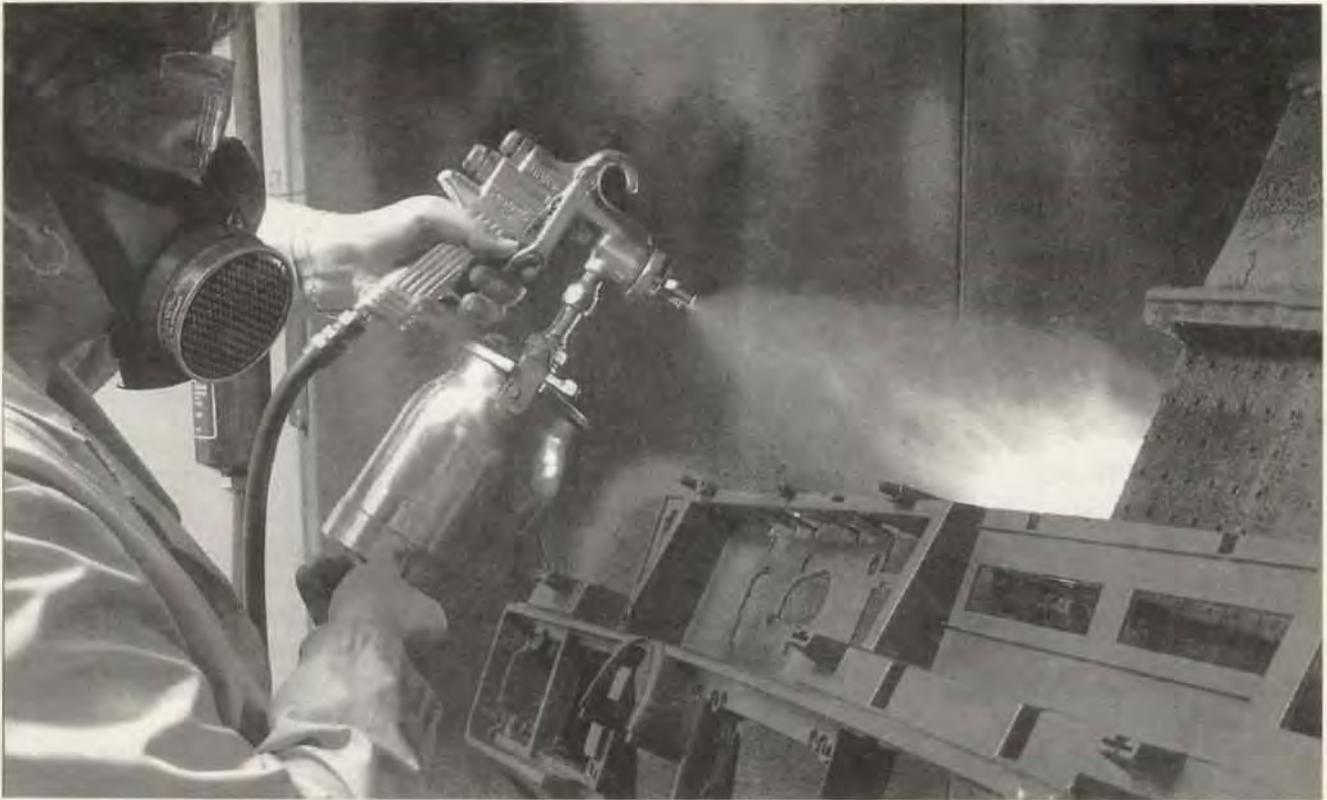
La tarea del acabado a menudo influye en la clase de material usado para una aplicación particular. Por ejemplo, el uso del plástico como material para la elaboración de la repisa del tablero de control en los automóviles, no pudo efectuarse por muchos años, ya que estas requerían un intensivo pulido y acabado antes de ser pintadas, puesto que se necesitaba imitar la textura del material metálico del resto de las partes del automóvil.

No fue sino hasta el desarrollo del SMC de bajo-perfil (el cual tiene la cualidad de tener un acabado natural libre de defectos y muy suave) que fue intensivamente usado para los paneles de control de los automóviles. Algunas propuestas de plásticos fueron excluidas ya que la pintura no se adhería bien.

La elección del material para una aplicación particular debiera considerar el rango completo de costos asociados, donde se incluye

el precio de la materia prima y su disponibilidad, el procesamiento hasta la forma final, el ensamblaje y el acabado. Los pasos de ensamblaje y de acabado pueden presentar costos asociados con pasos adicionales de conformado y de ensamblaje, preparación de superficie, requerimientos de calor, agarraderas de soporte, costos de materiales adicionales para acabado final, y el tiempo requerido para realizar todas estas tareas. Los plásticos ofrecen muchas ventajas sobre los cerámicos y los metales respecto de estas elecciones, pero también ofrecen algunas desventajas. Cada caso debiera ser abordado a la luz de estas y de otras consideraciones económicas y de propiedades.

El definirse por cualquier clase de acabado para dar a una pieza puede ser bastante complejo, esto depende del tipo de material escogido. Algunos materiales requieren de un acabado especial para prevenir los efectos del ambiente, de la corrosión, de la oxidación, de la degradación causada por la acción de los rayos ultra-violeta, de la humedad, y del ataque químico de solventes, agua de mar, o de ácidos. Casi cada tipo



de metal, cada tipo de plástico, y cada tipo de cerámico reacciona diferentemente a estos efectos ambientales y requieren ser considerados claramente antes de ser seleccionados para una aplicación especial.

Se presentarán los métodos más usados para dar el acabado y ensamblaje de los materiales plásticos, con un enfoque en la pieza plástica que representa un papel activo en el proceso de acabado, de pintado, de decorado y de ensamblaje. Algunos conceptos se refieren al plástico como el agente material de cada una de la variedad de métodos.

### **DESBASTE DE REBABAS Y REMOCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

#### *Remoción del sistema de alimentación*

El método más popular para la remoción del sistema de alimentación del material fundido (el cual puede incluir el bebedero) es mediante el desbaste con herramientas manuales tales como cortaalambres o pequeños serruchos. Este desbaste puede ser realizado convenientemente por el operario encargado del proceso de moldeo de la máquina. Para muchas piezas, el tiempo del ciclo es suficientemente largo para que el operario pueda desprender mediante quebradura el sistema de alimentación de las piezas y a su

vez estar pendiente de las necesidades de la máquina (cargarla con los pellets, meter el material, en general mantener la máquina dentro de los parámetros deseados de funcionamiento). Tener un solo operario para ejecutar estas tareas en dos máquinas es común y para varias, no inusual. Las claves para tener a un solo operario atendiendo varias máquinas son, por supuesto, el tiempo del ciclo y la complejidad de las otras tareas que deben ser realizadas.

El desbaste del sistema de alimentación mediante el uso de herramientas manuales puede causar tensiones en la pieza plástica, especialmente en los plásticos frágiles tales como el poliestireno y el PVC rígido. En

algunas piezas, las tensiones pueden provocar fallas prematuras. Sin embargo, revenir las piezas después de ser desbastadas, a menudo libera las tensiones internas. El desbaste manual se hace más sencillamente si se diseñan apropiadamente los vaciaderos. Cuando el vaciadero es pequeño, el sistema de alimentación se desprende más fácilmente que cuando se usa un vaciadero grande. El tamaño del vaciadero depende del material y de las características del flujo requerido en la cavidad. Bajo condiciones ideales, el vaciadero se diseña para que el sistema de alimentación se desprenda cuando la pieza es expulsada del molde. Los esfuerzos bajo estas condiciones usualmente son pequeños. Algunos moldes utilizan sistemas de alimentación en caliente que no requieren desbaste ya que permanecen líquidos. Tan solo la pieza se solidifica así que solamente esta es expulsada del molde.

Un diseño apropiado del vaciadero también simplifica la remoción automática de los sistemas de alimentación. Pudiéndose conseguir de ésta manera que las máquinas de moldeo por inyección ejecuten sus operaciones sin la vigilancia de un operador humano, en lugar de instalar alimentadores de material automáticos y robots retiradores de piezas. El separar las piezas de los sistemas de alimentación normalmente requiere el uso de uno de estos dos sistemas, ya sea el calentamiento del sistema de alimentación o un vaciadero lo suficientemente pequeño como para que las partes

se separen por la inercia natural al momento de la expulsión. El separamiento del vaciadero de la pieza requiere ocasionalmente alguna agitación mecánica, pero esto puede ser automatizado.

Después de que se ha retirado el sistema de alimentación (a través de cualquiera de los métodos mencionados), una pequeña parte del vaciadero o un apéndice no deseado puede quedar en la pieza. Para los materiales termoplásticos que generalmente no son muy frágiles, estos apéndices pueden ser removidos, ya sea con una lima o con cualquier herramienta afilada. Para plásticos endurecidos por calor o plásticos frágiles, los métodos para la remoción de tales apéndices comprenden el limado, pulido, esmerilado y alisado con papel abrasivo o lija. Estos métodos tienen menor probabilidad de generar tensiones internas en el material de la pieza.

Desprender el sistema de alimentación y los vaciaderos o sus asperesas es a menudo más fácil si la pieza permanece tibia aún. La tibieza suma tenacidad a la pieza, así se disminuye cualquier problema que pueda presentarse a causa de las tensiones internas. Esto es especialmente importante para los plásticos frágiles.

#### *Remoción de Rebabas*

Las rebabas son más fáciles de retirar cuando la pieza está a muy baja temperatura. El frío endurece muchos materiales, y esto hace que las rebabas se vuelvan frágiles. La delgadez de las rebabas indica

que su remoción probablemente no provoque tensiones internas en la pieza. Al proceso de enfriar la pieza para facilitar la remoción de las rebabas se le denomina: *Remoción Criogénica de Rebabas*. Luego de que la pieza es enfriada a la temperatura deseada (Usualmente cercana a la temperatura de nitrógeno líquido), se coloca dentro de un tambor rodante y se revuelca. (El tambor se ve como una gran secadora de ropa del tipo comercial.) El proceso de revolver las piezas ocasiona que las rebabas se quiebren, retirándose. Otras operaciones incluyen otros elementos dentro de la fase del «revuelque», tales como discos congelados de caucho o de madera, los cuales proporcionan un poco de inercia adicional a los impactos por lo cual contribuyen a la rotura de las rebabas. Aun que el «revuelque» es el proceso más común para la remoción de rebabas, en especial cuando muchas de las piezas las poseen, las rebabas pueden ser removidas también a partir de los métodos tradicionales de maquinado mecánico que los operarios pueden realizar con ayuda de herramientas manuales tales como limas y pinzas cortadoras.

#### *Maquinado*

El proceso del maquinado es usado para dar el acabado final a muchas piezas de plástico. Tal acabado puede incluir correcciones menores a las piezas moldeadas, desbaste del exceso de material que rodea la pieza final (tal como sería común en el termoformado y en las operaciones del moldeo por



soplado), realización de huecos u otras características que son requeridas para el posterior ensamblaje o uso, y la preparación de la superficie para otras etapas del acabado. El maquinado es necesario también en piezas que requieran tolerancias muy exactas. Estas piezas son moldeadas sobredimensionadas y posteriormente maquinadas a las dimensiones exactas, las cuales son mucho más exigentes respecto de las tolerancias de lo que se puede obtener por el proceso del moldeado.

Un número de operaciones diversas se pueden considerar dentro de la categoría de maquinado general, incluyendo: corte, aserrado, perforado, roscado,

fresado, torneado, perfilado, perforado, limado, lijado, pulido y esmerilado. Todas estas operaciones fueron originalmente desarrolladas para los metales, por ello algunas modificaciones en los métodos del proceso estandar debieron ser hechas para sortear las diferencias entre los metales y los plásticos.

Dentro de las consideraciones del maquinado del plástico y del metal, las térmicas marcan una diferencia abismal. Una de ellas, se puede entender a partir del hecho de que el plástico caliente se expande mucho más que el metal caliente (más de 10 veces). Esta expansión puede provocar desviaciones

respecto de las tolerancias esperadas si la pieza es calentada durante el maquinado y si no se realizan las correcciones correspondientes para tener en cuenta la subsiguiente contracción cuando la pieza se enfría. (Por ejemplo, los huecos perforados en los plásticos tenderán a ser subdimensionados aproximadamente 0.002 plg (0.05mm) a causa de la contracción térmica que se sucede después del perforado.)

Otra consideración térmica consiste en la relativa pobreza de conducción térmica que tienen los plásticos, lo cual hace que la disipación de calor sea difícil (a causa del bajo punto de fusión de los plásticos) siendo estos susceptibles a la fusión y a la distorsión. Por lo cual, se deben tomar medidas durante el maquinado para reducir la generación de calor. Cuando el maquinado intensivo de los metales provoca su calentamiento excesivo, se usa un fluido durante esta operación que actúa como lubricante o como refrigerante. En cambio, los fluidos durante la operación del maquinado de los plásticos son muy remotamente usados. Muchos de los líquidos de maquinado, son solventes que atacan químicamente a los plásticos. Algunos otros tan solo aceleran la rotura por tensión en ellos, principalmente a causa de las tensiones inherentes a las operaciones de maquinado. Aún más, se pueden presentar pasos subsiguientes donde se requiera de una superficie pulimentada para el acabado, y la remoción de los líquidos para el maquinado, puede ser muy complicada.

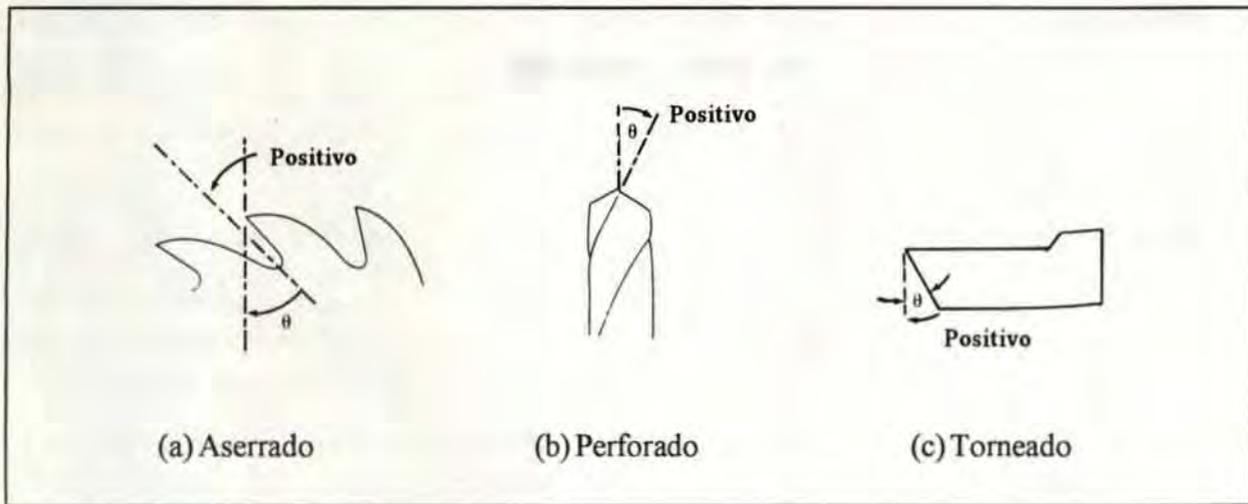


Figura 1. Ángulo de ataque característico para aserrado, perforado y torneado.

El método más común para reducir el calentamiento en los plásticos durante su maquinado consiste en reducir la intensidad de tal proceso, a través del aumento de los tiempos invertidos para maquinar la pieza, y reducir el avance en cualquier instante (reducir la velocidad de avance). Las velocidades de avance para materiales como el bronce o la madera, a menudo son las apropiadas para los plásticos. Por ejemplo, un avance de entre 0.15 a 0.20 plgs/rev (4-5 mm/rev.) sería el deseable para perforar en acrílico. Para el HDPE, un plástico mucho más suave, cuyo punto de fusión es mucho más bajo, las velocidades de avance idóneas para su perforado son entre 0.004 a 0.015 plg/rev. (0.1-0.4 mm/rev.). Un avance más lento en los HDPE proporciona mayor tiempo para la disipación de calor.

Adicionalmente al aumento de los tiempos de maquinado, la interrupción periódica del proceso reduce la cantidad de calor generado. Por ejemplo, el proceso de

perforado puede ser realizado a través de un avance y un posterior retroceso alternativos, esto permite que la pieza se enfríe. Tal retroceso, permite también la eliminación del plástico retirado por la acción de la herramienta. (A éste proceso de trabajo por interrupción se le denomina *peck drilling*.) En el proceso de aserrado, el patrón de los dientes de la sierra puede incluir gaps (dientes faltantes) que le permiten a la pieza una disipación de calor durante el proceso de corte, ya que dicha operación es más interrumpida. A este tipo de patrón de hoja de sierra se le denomina *Skip-Tooth Cutters*.

Aunque pudiera parecer extraño, la generación de calor en los plásticos puede ser reducida por medio del aumento de la velocidad de giro de la herramienta de corte, permaneciendo la velocidad de avance lenta como la descrita anteriormente. Esto es entendible ya que por la herramienta se disipa una parte del calor generado, y al incrementar la velocidad de giro de

esta, se incrementa la tasa de disipación de calor. Por ejemplo, las sierras circulares usan comúnmente una revolución de 3000 rpm cuando cortan HDPE. Si la pieza se tuesta, entonces las revoluciones se aumentan a 4000 rpms.

Otra manera de disminuir la generación de calor consiste en conformar las herramientas de corte de tal manera que éstas se deslicen sobre la superficie del material en lugar de que lo golpee. Esto se alcanza mediante el control del ángulo relativo de la pieza respecto de la superficie del material. El ángulo de la cara de una herramienta de corte, medido a partir de sus líneas radiales, es llamado *ángulo de ataque* y es ilustrado en la figura 1. para sierras, brocas y herramientas de torno. Este ángulo puede ser definido como el ángulo de entrada de la herramienta en la pieza de trabajo.

El mejor aserrado, cortado y perforado de los plásticos ocurre cuando el *ángulo de ataque* es

ligeramente positivo (0 grados a 5 grados.). Este ángulo positivo de ataque, no solo proporciona la acción deseada de la superficie de corte contra la pieza, sino que también permite una más fácil remoción de la viruta (los pedazos de material que se le retiran a la pieza). Si la viruta permanece en la vecindad de la región de corte, puede obstruir el proceso, o calentarse y fundirse. Ambos problemas no se desean para una proceso de corte eficiente. Un ángulo de corte positivo es especialmente usado para materiales blandos (tales como plásticos, bronce y cobre) ya que existe menos tendencia de la herramienta de realizar un corte al azar dentro de la pieza de trabajo y deteriorarla en la vecindad del proceso de corte.

Las herramientas usadas para el corte de plástico deberán estar bien afiladas para maximizar el proceso de corte. También deben poseer una superficie libre de defectos.

Otra gran diferencia entre los plásticos y los metales es generalmente su dureza. Esta dureza inferior en los plásticos puede proporcionar un efecto significativo dentro del proceso de maquinado. Los materiales plásticos han de ser sujetados cuando son fresados o perforados para que el material no se resquebraje o astille cuando la herramienta finaliza el corte.

Los plásticos pueden ser también más frágiles que el metal. Tal fragilidad causa problemas especiales durante el maquinado a causa de la tendencia del material a fracturarse. Para prevenir esto, es importante usar herramientas de corte bien afiladas y velocidades de avance bajas al maquinar plásticos frágiles. En algunos casos durante el maquinado de plásticos frágiles, un revenido puede ser requerido después de finalizado el proceso. Otros plásticos frágiles tales como el acrílico, se les cubre durante el maquinado con papel para dar algo de protección a la superficie, y para lubricarla durante el proceso de corte. Debido a todo esto, estos materiales deben ser maquinados con papel. Las láminas delgadas de plásticos frágiles pueden a veces ser cortadas en línea tan solo con un trazado y posteriormente ser quebradas, tal cual como se hace con el vidrio para ventanas.

Una de las combinaciones de material de mayor complejidad para ser maquinadas son los compuestos en los que una matriz frágil se le combina con un refuerzo muy tenaz o muy duro (tal como epoxia combinada con fibras de carbón o fibras de aramid). Estos materiales compuestos requieren herramientas de perfiles especiales y de materiales especiales (tales como diamantes) para alcanzar un maquinado efectivo. La experiencia ha demostrado que cortar materiales compuestos con herramientas de

acero tradicional no es aceptable a causa del desgaste. Las herramientas de carburo o de otras clases de superficies endurecidas deberían ser usadas.

Las operaciones de limado, lijado, pulido y otras operaciones para el suavizamiento de superficies tienen algunas consideraciones especiales al ser realizadas sobre plásticos. La naturaleza suave de los plásticos y su tendencia a fundirse a bajas temperaturas, provocan grandes concentraciones de material en las herramientas con las que se está dando el acabado. Estas herramientas deben ser limpiadas a menudo durante su uso para prevenir que tal acumulación de material afecte la operación de suavizado.

#### BIBLIOGRAFÍA

STRONG, A. Brent. -- *Plastics Materials and Processing*.--Ed. Prentice Hall, Inc. 1996. p.523-527.

GE Plastics.--*Valox Design Guide*.

GE Plastics.--*Noryl Design Guide*.

*Traducido por:*  
**Diego Alejandro Gómez D.**  
*Analista técnico de información*  
**SIDT - ASTIN**