

PROTOTIPADO RÁPIDO: Cómo reducir riesgos en el desarrollo de nuevos productos

Tom Mueller

T.J. Mueller & Co. Bufalo Grove, IL

El primer sistema comercial de prototipado rápido (PR), debutó hace más de 11 años. Desde entonces, la tecnología de prototipado rápido se ha posicionado firmemente en la industria. En la década de los años 90, se han formado aproximadamente 200 empresas para ofrecer servicios de PR a la industria. Virtualmente, cada ingeniero y diseñador involucrado en el desarrollo de piezas moldeadas por inyección ha visto al menos un método de esta tecnología. La mayor parte de ellos puede describir los métodos más importantes, y muchos han usado el PR en algún proyecto en el cual han estado involucrados. Hoy en día existen más de 1000 sistemas de PR, con un precio promedio superior a los US\$100.000, instalados en la industria de los Estados Unidos.

El PR está cambiando la forma de desarrollar nuevos productos. En ningún otro campo es más evidente que en el desarrollo de componentes plásticos moldeados por inyección, para un número cada vez mayor de empresas, el PR se ha vuelto una parte integral del proceso de desarrollo de piezas plásticas. Además, para aquellas empresas que han aprendido a usarlo efectivamente, el PR ofrece una significativa ventaja competitiva. (Figura 1)

REDUCCIÓN DE RIESGOS

Al prototipado rápido se atribuye la reducción de costos, de tiempos y la optimización de la calidad de los productos. Aunque todo esto es cierto para algunos casos específicos, el valor real del uso de la tecnología de PR en el desarrollo de productos está en la reducción de riesgos.

De manera simple, el desarrollo de un producto es una inversión en el futuro de la empresa. La dirección toma la decisión de invertir una cantidad específica de dinero (el presupuesto del proyecto) en la creación de un nuevo producto con la expectativa de obtener un beneficio de dicha inversión. La utilidad que la empresa espera obtener es un factor clave en el proceso de toma de decisiones, y el éxito radica en alcanzar ese nivel de utilidad.

Como en cualquier inversión, existen riesgos asociados con el desarrollo del producto. No existe garantía de que el nuevo producto genere el nivel proyectado de utilidades. La probabilidad de que un nuevo producto no genere las utilidades esperadas, es lo que se denomina el riesgo en el desarrollo de productos. Existen diversas razones por las cuales un nuevo producto puede no alcanzar el éxito (o las ganancias esperadas).

Tal vez porque no haya sido posicionado correctamente frente a la competencia, o porque no haya sido comercializado adecuadamente. Razones de ésta índole, están fuera del alcance de las funciones del desarrollo de productos. Sin embargo, éste juega un papel clave en el riesgo del desarrollo de productos.

Para evitar un incremento del riesgo en el desarrollo de productos, la función de desarrollo debe cumplir con cuatro criterios en el lanzamiento de un nuevo producto:

- *Los costos de desarrollo para el nuevo producto deben mantenerse dentro del presupuesto.* Si los costos de desarrollo son superiores al costo estimado, las ganancias serán más bajas
- *Los costos de manufactura del nuevo producto no deben ser mayores al costo estimado, de lo contrario, la utilidad por unidad será más baja*
- *El desempeño del nuevo producto debe ser igual o superior a las especificaciones.* Si no es así, el precio deberá ser reducido, disminuyendo la ganancia por unidad.

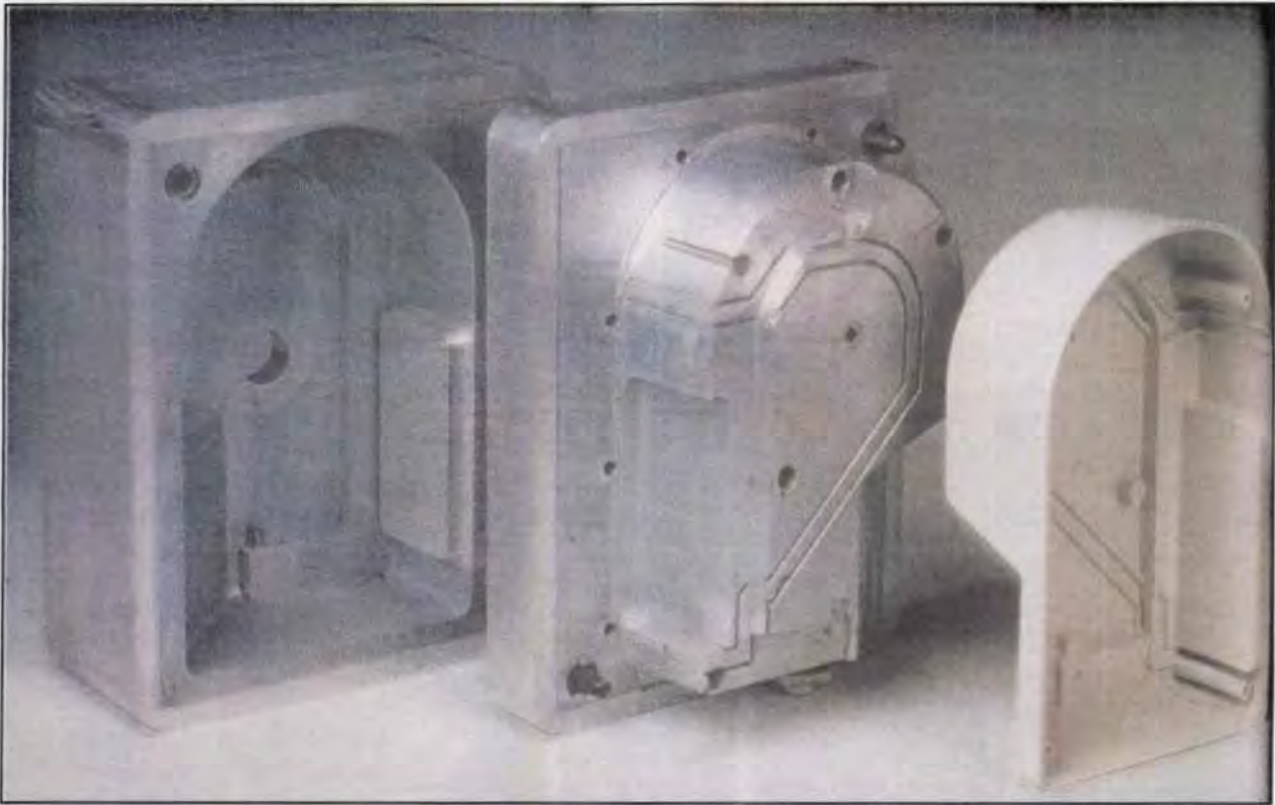


Figura 1. Moldes prototipo de una carcasa de un aparato electrónico fabricados por medio de una técnica de prototipado rápido por pulverización de metales

El producto debe llegar al mercado dentro del tiempo previsto. Éste podría ser el factor más importante del éxito del producto. Un producto que se demore en salir al mercado no sólo pierde ingresos durante el tiempo de retraso, sino que además puede terminar compartiendo un mercado mucho menor del que tuviera si hubiera salido más temprano. Un estudio realizado por una empresa líder en consultoría determinó que un producto con un retraso de seis meses en salir al mercado, podría perder hasta una tercera parte de las ganancias totales que éste pudiera haber generado. El mismo estudio determinó que al duplicar los costos estimados para el desarrollo del producto se reducen las utilidades totales a menos del 5%.

Si la compañía no cumple con cualquiera de estos criterios, los riesgos para el desarrollo de productos aumentan. La principal razón por la cual una empresa no cumple con alguno de estos criterios son los cambios imprevistos en el diseño.

Los cambios de diseño realizados a destiempo en el proceso de desarrollo, particularmente aquellos hechos después de crear el molde o herramental, son probablemente la causa principal de la pérdida de control en el desarrollo del producto.

Los cambios posteriores a la fase de desarrollo resultan costosos y consumen mucho tiempo. Éstos a menudo requieren de cambios de los componentes de ensamble y de cambios del herramental, los cuales aumentan considerablemente los

costos y el tiempo de entrega del nuevo producto.

La razón por la cual muchos cambios de diseño son hechos tardíamente en el proceso de desarrollo, es porque es imposible determinar con exactitud que tan bien se desempeñará un diseño particular en su aplicación deseada hasta que existe el producto real. Por mucho tiempo esto significó que no se sabía realmente que tan bien se desempeñaría un producto hasta que se construía el molde y se producía la pieza. Si el producto no presentaba el desempeño esperado, modificar el diseño y reconstruir el molde requería de mucho tiempo y dinero. Resultado: tanto el presupuesto para el desarrollo como los tiempos planeados se veían a menudo excedidos.

El beneficio real del prototipado rápido es que representa otra herramienta que puede ser usada para determinar la suficiencia de un diseño durante la fase inicial del proceso de diseño, reduciendo las necesidades de cambios en las etapas finales de desarrollo y reduciendo el riesgo en el desarrollo de productos.

Este artículo examina como puede ser usado el prototipado rápido (PR) para reducir riesgos en el desarrollo de componentes moldeados por inyección.

SEIS APLICACIONES

Al menos el 99% de los usos del prototipado rápido actualmente conciernen a una de las seis aplicaciones siguientes: modelos conceptuales, modelos de presentación, piezas funcionales,

patrones de moldes, patrones de colada a la cera pérdida y herramienta alternativa.

Con excepción de los patrones de colada a la cera pérdida, los demás han sido usados efectivamente en el desarrollo de piezas moldeadas por inyección. Además, el prototipado rápido ha tenido mayor uso en el desarrollo de piezas moldeadas por inyección que en todos los demás procesos de manufactura. Se ofrece a continuación un resumen de las aplicaciones más comunes del PR en el moldeado por inyección.

Los *modelos conceptuales* son simplemente modelos tridimensionales del diseño. No son hechos del material de producción, no necesitan ser dimensionalmente exactos o tener un buen acabado superficial, y no son necesariamente funcionales. Su único propósito es comunicar rápidamente

la geometría del diseño a otras personas (Figura 2).

Es muy difícil el comunicar con rapidez la geometría del diseño con los planos de ingeniería, especialmente a aquellas personas que no suelen trabajar con estos. Incluso los ingenieros y diseñadores de utillajes, quienes trabajan con planos todos los días, pueden requerir de varios minutos de observación de estos para reconstruir mentalmente la geometría de la pieza y entenderla por completo. Un modelo, en cambio, provee ese entendimiento inmediatamente, incluso para aquellos que tienen pocas habilidades en la interpretación de planos. Además, el modelo da una sensación de escala que es difícil de medir a partir de los planos o de una imagen sombreada generada por computadora.

Los modelos conceptuales, son usados por lo general al comienzo de la fase de diseño y creados a menudo cuando el diseñador completa el modelo CAD. El modelo puede llevarse a las reuniones de diseño, o ser usado en las discusiones con los ingenieros de mecanizado y de manufactura.

A pesar de que ellos hacen hasta lo más mínimo para simular la componente de producción de cualquiera de las aplicaciones que se discuten, los modelos conceptuales en muchos casos contribuyen más que cualquier otro en la reducción del riesgo del desarrollo de productos.

El modelo conceptual ofrece un medio rápido y económico para comunicar en forma precisa la geometría del diseño tempranamente en el proceso de diseño. En este punto del proceso, los cambios de diseño pueden hacerse con facilidad, sin afectar significativamente los costos o los tiempos.



Figura 2. Modelos conceptuales, de una pieza de geometría compleja, una carcasa de teléfono.



Figura 3. Componentes estereolitográficos pintados y ensamblados para producir un modelo de presentación del producto final - un avión de juguete

La habilidad para comunicar la geometría, significa que es mucho más fácil obtener una realimentación valiosa en aspectos como la estética, el costo del molde, la facilidad de moldeo y la facilidad de ensamble. Los modelos conceptuales agilizan la ingeniería concurrente.

Todo moldeador tiene una lista de 'trabajos pesadilla' en los cuales algún aspecto del diseño añade gran dificultad, bien sea al molde, al moldeo de la pieza, o a ambas. Se puede argumentar que la gran mayoría de tales trabajos se hubieran podido evitar si el moldeador hubiera tenido la oportunidad de inspeccionar un modelo conceptual al inicio del proceso de desarrollo y sugerir cambios en ese punto. Normalmente, el moldeador ve el diseño por primera vez cuando el departamento de desarrollo sugiere iniciar la producción.

Cualquiera de los sistemas de prototipado rápido disponibles en la actualidad pueden ser usados para crear modelos conceptuales. En los últimos años, se introdujo un tipo de sistemas muy populares para crear

modelos conceptuales. Estos sistemas son económicos y su operación es menos costosa que los sistemas de prototipado rápido tradicionales y además no requieren de accesorios especializados. Como consecuencia, el costo de los modelos conceptuales ha caído de manera significativa y ahora es factible hacer uno para cada una de las variaciones del diseño consideradas para un producto, o enviar uno junto con archivos a los vendedores para cotizar el molde.

Los *modelos de presentación* son modelos que han sido acabados, pulidos y pintados para que luzcan como el producto terminado. Los modelos de presentación han sido usados por muchos años para ofrecer una representación exacta de la apariencia del producto terminado. Los modelos de presentación a menudo son usados para determinar la reacción del cliente respecto del diseño, o como muestras en exhibiciones para demostrar la disponibilidad del producto real. La principal ventaja es que se puede apreciar la apariencia del producto terminado en una fracción del costo y del tiempo requerido para el producto real (Figura 3).

Hasta hace muy poco tiempo, la producción de modelos de representación era extremadamente costosa y requería de mucho tiempo y de habilidosos modelistas. A pesar de que aun es necesaria la destreza para la operación de acabado, la introducción de los sistemas de prototipado rápido ha reducido tanto el tiempo como los costos de fabricación y ha

hecho posible usar modelos de presentación en mayor cantidad de situaciones.

Los requerimientos de exactitud para los modelos de presentación son ligeramente mayores que para los modelos conceptuales, y el modelo producido debe tener un buen acabado superficial y ser hecho de un material que pueda ser lijado y pintado con facilidad. A pesar de que cualquier sistema de prototipado rápido puede ser usado para crear modelos de presentación, se obtienen mejores resultados con algunos de los sistemas de última generación.

Las *piezas funcionales* permiten el ensayo de las mismas para verificar algunos aspectos de la calidad del diseño. A pesar de que ninguno de los sistemas disponibles en la actualidad creará piezas con las propiedades exactas a las de producción, la mayoría de los sistemas pueden crear piezas que son lo suficientemente resistentes para soportar al menos ensayos limitados para algunas aplicaciones. La reciente introducción de resinas más duras para estereolitografía amplió el rango de aplicaciones para las cuales las piezas de prototipado rápido pueden ser consideradas funcionales.

La habilidad para crear piezas que puedan soportar ensayos a partir de un sistema de prototipado rápido, permite a los diseñadores verificar que los productos se desempeñen como se planeó en la fase inicial del proceso de desarrollo, sin incurrir en los altos costos de adecuación de moldes. También hace factible ensayar distintas variaciones para escoger el diseño óptimo en lugar de un diseño aceptable.

Moldes patrón. A menudo no es factible usar un proceso de prototipado rápido para crear de forma directa los prototipos. En algunos casos, el

material de prototipado rápido no puede simular las propiedades adecuadas del material de producción seleccionado. En otros, la cantidad de prototipos necesarios no pueden ser hechos a un costo razonable con el prototipado rápido. En tales casos, a menudo la solución es crear un patrón principal, y usarlo para crear un molde de bajo costo en el cual se puedan hacer duplicados del modelo o patrón. El material para los duplicados debe ser muy similar al material de producción. El costo total del proyecto es a menudo menor que el costo de crear múltiples modelos de prototipado rápido.

Hasta hace algunos años, los patrones principales eran fabricados a mano o por mecanizado. La introducción de los procesos de prototipado rápido ha reducido significativamente el tiempo y el costo requerido para crearlos para algunas geometrías. En general, los requerimientos para los patrones principales son: buena exactitud ($\pm 0,2\%$), buen acabado superficial, y buena resistencia del material para soportar el proceso de creación del molde.

En el desarrollo de componentes moldeados por inyección, el prototipado rápido se usa para crear moldes patrón para dos procesos de duplicación: la fundición de uretano a partir de moldes de caucho, y el moldeo por inyección de prototipos usando moldes obtenidos de piezas patrón.

La fundición de uretano es un proceso de duplicación que se viene usando hace varias décadas. Este, luego es usado para crear un molde de caucho de silicona. Para lo cual se deposita el patrón principal en un caucho vulcanizable a temperatura ambiente (RTV). Una vez este ha curado, el patrón original es removido y el molde queda listo para su uso. Los duplicados son creados usando un material de poliuretano termoestable de dos

componentes. Los dos componentes líquidos son mezclados en la proporción correcta y vertidos en el molde. La reacción química de los dos materiales los vulcaniza y solidifica, luego de lo cual el duplicado puede ser removido del molde (Figura 4).

Cuando se requieren volúmenes mayores, o los prototipos deben ser hechos del mismo material de producción, los prototipos deben ser moldeados por inyección. Existen varias formas de crear un molde de inyección basado en un patrón principal de prototipado rápido. Se pueden crear moldes de caucho, resina epoxi, níquel electroformado, aluminio y acero basándose en un patrón de prototipado rápido. En casi todos los casos, dichos moldes sólo pueden usarse para la producción de prototipos y no están en la capacidad de mantener las tolerancias asociadas con un molde mecanizado. Sin embargo, estos son un medio rápido y económico para crear un número limitado de prototipos usando el material de producción, reduciendo además el riesgo de desarrollo del producto.

Herramental alternativo. Es posible crear el herramental para el moldeo por inyección de manera directa con sistemas de prototipado rápido. Normalmente se hacen los insertos de las cavidades y los machos, se pulen y se montan en bases o soportes de aluminio o de acero. Existen diversos métodos disponibles para hacer los insertos de las cavidades y los machos, los cuales pueden soportar cientos e incluso miles de inyecciones.

Todos los métodos de prototipado rápido ofrecen los medios para crear piezas moldeadas por inyección usando el material de producción a un costo y un tiempo menor que el empleado por el herramental de



Figura 4. Moldes de caucho de silicona y prototipos de uretano de un empaque de cosméticos, fueron creados mediante el uso de patrones de prototipado rápido

En cada fase se utiliza un proceso de prototipado rápido para minimizar la posibilidad de que se presenten errores de diseño que puedan incrementar los costos de desarrollo o retrasar la introducción del producto al mercado, reduciéndose así los riesgos en el desarrollo de productos.

Traducción realizada para el Informador Técnico por: Javier A. Castillo y Hugo I. Ortiz, analistas CDT ASTIN.

Tomado de:

MUELLER, Tom. Rapid prototyping = Risk reduction = Prototipado rápido: Cómo reducir riesgos en el desarrollo de nuevos productos. MOLDING SYSTEMS, V. 57, No. 04, abr. 1999 p. 40-46

producción. Al igual que en la obtención de moldes con base en piezas patrón, existen limitaciones en las tolerancias que se pueden mantener con el herramental alternativo.

¿En dónde aplican?

Las empresas que usan con mayor efectividad el prototipado rápido en el desarrollo de sus productos, emplean una combinación de las aplicaciones anteriores, y las utilizan en las etapas apropiadas en el proceso de desarrollo. En la fase inicial del desarrollo de productos, a menudo llamada "diseño del concepto", el propósito es seleccionar un concepto para el nuevo diseño. En esta etapa, las empresas pueden emplear con efectividad los modelos conceptuales para expresar conceptos alternativos a otros miembros del equipo de diseño, a la dirección, o al personal de mercadeo o de ingeniería de manufactura. Además, ellos pueden usar piezas funcionales para verificar ciertos aspectos del desempeño del producto para cumplir los requerimientos de operación.

Una vez se ha seleccionado un concepto, el proceso de desarrollo se traslada a una fase denominada a menudo diseño preliminar. Aquí, se definen las principales dimensiones del componente y se empieza a verificar la viabilidad del diseño. En esta fase, se pueden usar modelos conceptuales adicionales. Para productos con requerimientos estéticos críticos, se podría crear un modelo de presentación para asegurar que la apariencia del producto sea adecuada. Podrían ser necesarias piezas funcionales o piezas fundidas de uretano para permitir ensayos posteriores del diseño. Cuando la empresa verifica que el diseño es funcional, el desarrollo pasa a la siguiente fase, denominada a menudo diseño de detalles. En esta fase el diseño está listo para la manufactura. Aquí, se determinan las dimensiones y tolerancias faltantes y se seleccionan los materiales de producción. En esta fase, se pueden crear prototipos de moldes, usando bien sea un proceso basado en patrones o en el mecanizado directo para obtener muestras para ensayos posteriores.

