

El diseño y desarrollo de productos requiere no solamente el manejo de conceptos básicos de diseño mecánico convencional, sino la selección adecuada de materiales y procesos de fabricación que permitan obtener artículos que cumplan con los requerimientos funcionales, siendo de alta calidad y con la posibilidad de adquirirse a bajos costos.

Por esta causa, es fundamental además de trabajar en equipos multidisciplinarios que involucren en el proceso de diseño tanto los atributos del cliente como las variables de ingeniería y de proceso necesarias para la generación de ideas, implementar técnicas que faciliten el trabajo en equipo y orienten a los diseñadores a obtener los mejores productos desde las fases iniciales de su desarrollo.

Diseño para manufactura y ensamble (*Design For Manufacturing and Assembly - DFMA*) es una metodología usada como parte del diseño y desarrollo integrado de productos y procesos (IPPD), que a partir de reglas y principios, orientan al equipo de diseño a generar conceptos de piezas que sean fáciles de fabricar, tengan una manufactura económica manteniendo su calidad, y al mismo tiempo sean fáciles de ensamblar.

En el caso del diseño para manufactura, la compatibilidad se logra al hacer una correspondencia entre las características del producto (geometría, tolerancias, materiales, volúmenes de producción) y el proceso de fabricación primario. Por su parte, la ensamblabilidad de un producto se logra al hacer modificaciones en su geometría para facilitar la manipulación e inserción de los componentes del ensamble y reducir el número de partes del mismo.

En las siguientes ilustraciones (1.1 Introducción de metodologías y herramientas a la industria) y (1.2 Aplicación de las herramientas durante el desarrollo de productos y procesos)

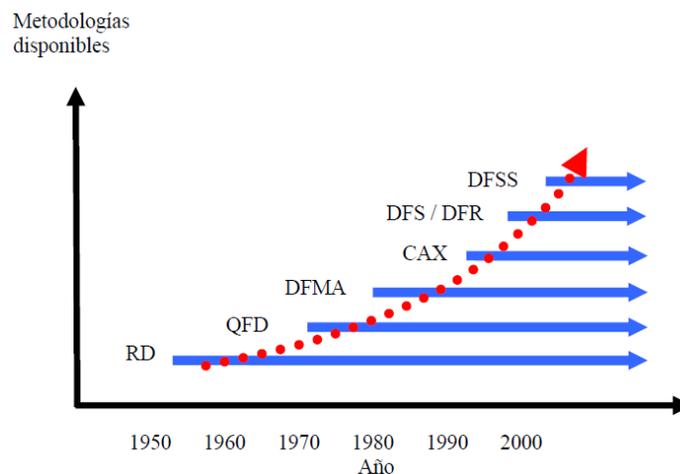


Fig. 1.1

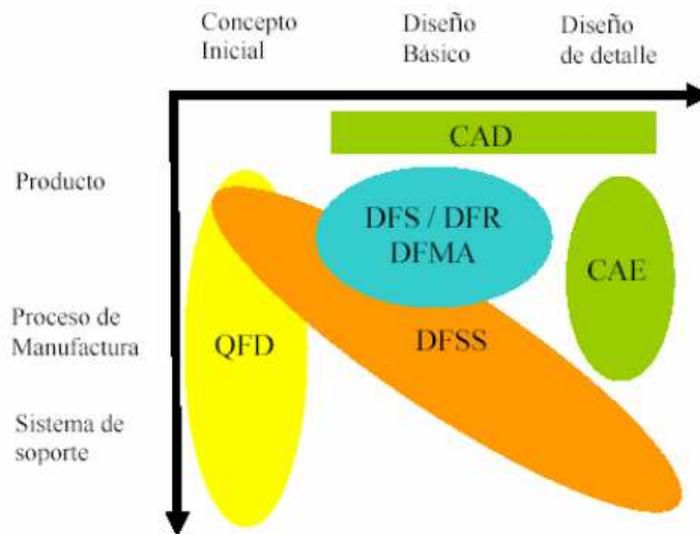


Fig. 1.2

Principios de DFM

- Reducir el número total de partes.
- Desarrollar un diseño modular.
- Usar materiales y componentes estandarizados.
- Diseñar partes multifuncionales.
- Diseñar para fácil fabricación.
- Evitar partes separadas.
- Minimizar las operaciones de manipulación.
- Utilizar tolerancias amplias.
- Minimizar el número de operaciones.
- Evitar operaciones secundarias.
- Rediseñar componentes para eliminar pasos de proceso.
- Minimizar las operaciones que no añadan valor.
- Diseñar para el proceso.

Mediante esta metodología DFM/A se pretende que además del diseñador, personas del equipo de producción, e inclusive los proveedores, participen en el proceso de diseño, a fin de garantizar la manufacturabilidad. Sin embargo, no solo se utiliza, como se mencionó anteriormente, sino que es una herramienta de benchmarking que permite estudiar los productos de la competencia y cuantificar las dificultades de manufactura y ensamble.

El diseño para manufactura utiliza información de muchos tipos como: planos, especificaciones del producto y alternativas de diseño, un entendimiento detallado de los procesos de producción y ensamble, y una estimación de costos y volúmenes de producción, para lograr su objetivo último, que es obtener un artículo de alta calidad con el mayor aprovechamiento de los recursos. Por lo tanto, es necesaria la colaboración de miembros del equipo de desarrollo, así

como de expertos externos a él (Ulrich y K., 1995). Para la aplicación de DFM en general, es decir, sin especificaciones para un proceso, se pueden tener en cuenta los siguientes elementos:

1. Estimar el costo de manufactura.
2. Reducir el costo de componentes.
3. Reducir el costo de los ensambles.
4. Reducir el costo de producción.
5. Considerar el impacto de las decisiones de DFM sobre otros factores.

La Figura 3 muestra la metodología general propuesta del diseño para manufactura. El objetivo de utilizar diseño para manufactura aplicado a un proceso en particular, es diseñar productos que sean fáciles de mantener, confiables, en menor tiempo y que sean más simples (Vernon, C., 2001), es decir, menos costosos para manufacturar, manteniendo la calidad de los mismos. Para alcanzar la meta, hay algunos principios que el equipo de diseño debe tener en mente (Tien-Chien, Wysk, y Hsu-Pin, 1998, pp596-598). Antes de llevar a cabo la selección del proceso, es necesario hacer algunas consideraciones en cuanto a los factores que afectan la elección del mismo, como:

- Factores de material, específicamente las propiedades mecánicas y físicas,
- Factores geométricos, entre los que se encuentran la forma, el tamaño y el peso de la pieza, y las tolerancias y acabados superficiales de la misma,
- Factores de producción, entre los que están el tiempo de mercadeo y la cantidad y la tasa de producción.



Figura 3. Metodología de DFM. Fuente: Ulrich, K.; Eppinger, S, Product Design and Development, Ed. McGraw-Hill, 1995.

Las decisiones acerca del material, la geometría de partes, las tolerancias, el acabado de superficies, el agrupamiento de partes y las técnicas de ensamble limitan la cantidad de procesos de manufactura que pueden usarse para hacer una parte determinada. Si el ingeniero de diseño (El ingeniero de diseño es un profesional capaz de diseñar un producto definiendo y proyectando las prioridades y las relaciones funcionales del producto de modo que formen un todo, también es capaz de buscar oportunidades comerciales para nuevos productos) diseña una pieza de aluminio fundida en arena con características que sólo pueden obtenerse mediante maquinado (por ejemplo, superficies planas con buenos acabados, tolerancias cerradas y orificios roscados), el planificador de procesos no tiene otra alternativa que especificar un fundido en arena, seguido por la secuencia necesaria de operaciones de maquinado. Si el ingeniero de diseño especifica un conjunto de estampados en láminas metálicas que se van a ensamblar mediante sujetadores roscados, el planificador de procesos debe establecer la serie de pasos para el perforado, formado, fabricar los estampados y después ensamblarlos. En estos dos ejemplos, una parte moldeada en plástico puede ser un diseño superior, tanto en el aspecto funcional como económico.

Es importante que el ingeniero de manufactura (El ingeniero de manufactura determina la forma más efectiva de combinar personas, máquinas, materiales, información y energía para planificar un proceso y elaborar el producto, también administran sistemas integrados de manufactura) actúe como un consejero para el ingeniero de diseño en cuestiones de capacidad de manufactura. Un diseño de producto que es funcionalmente superior y al mismo tiempo puede producirse a un costo mínimo representa la máxima promesa de éxito en el mercado.

Las carreras exitosas en la ingeniería del diseño se construyen sobre productos exitosos. Algunos términos que se asocian frecuentemente con este intento de influir de manera favorable en la manufacturabilidad de un producto son el diseño para manufactura (en inglés design for manufacturing, DFM) y diseño para ensamble (design for assembly, DFA), por supuesto, el DFM y el DFA están inseparablemente acoplados, por lo que los llamaremos DFM/A. El ámbito del DFM/A se expande en algunas compañías para incluir no sólo aspectos de capacidad de manufactura sino también de comercialización, aplicación de pruebas, capacidad de servicio y de mantenimiento, etc. Esta visión más amplia requiere aportaciones de muchos departamentos, además del de diseño e ingeniería de manufactura

El diseño para manufactura y ensamble es un enfoque para el diseño de productos que incluye sistemáticamente consideraciones sobre la capacidad de manufactura y de ensamble en el diseño. El DFM/A incluye:

- 1) cambios en la organización y
- 2) principios y pautas de diseño.

Cambios en la organización en el DFM/A Para instrumentar el DFMIA, una compañía debe hacer cambios en su estructura organizacional, a fin de proporcionar una interacción más cercana y una mejor comunicación entre el personal de diseño y manufactura. Con frecuencia, se consigue formando equipos de proyectos que consisten en diseñadores de productos, ingenieros de manufactura y otros especialistas, (por ejemplo, ingenieros de la calidad y científicos de materiales) para diseñar el producto.

En algunas compañías, se exige que los ingenieros de diseño dediquen cierto tiempo de su carrera a la manufactura para conocer los problemas que se encuentran en la fabricación de cosas. Otra

posibilidades asignar ingenieros de manufactura al departamento de diseño de productos, como consultores de tiempo completo.

Principios y pautas de diseño el DFMA también incluye principios y pautas que indican cómo diseñar un producto determinado para una máxima capacidad de manufactura. Muchas de estas son pautas de diseño. Son conocimientos basados en la experiencia que se aplican a casi cualquier situación de diseño de productos. Además, muchos principios del DEM/A se cubren en capítulos relacionados con procesos de manufactura específicos. En ocasiones las pautas entran en conflicto. Por ejemplo, una indicación para el diseño de partes es hacer la geometría lo más sencilla posible. Sin embargo, en el diseño del ensamble, algunas veces son deseables características de partes adicionales para evitar el acoplamiento incorrecto de los componentes. En estos casos, el diseño para manufactura de partes entra en conflicto con el diseño para ensamble y debe encontrarse un punto de equilibrio que consiga el mejor balance entre los lados opuestos del conflicto. Entre los beneficios que se citan comúnmente para el DFM/A están;

- 1) menor tiempo para llevar el producto al mercado,
- 2) una transición sin dificultades hacia la producción,
- 3) menos componentes en el producto final,
- 4) un ensamble más fácil,
- 5) menores costos de producción,
- 6) mayor calidad de productos y
- 7) mayor satisfacción de los clientes.

Partiendo del conocimiento de los aspectos anteriormente mencionados, se vio la necesidad de elaborar un trabajo en la cual, a partir de un diseño conceptual, se pudieran aplicar los conceptos de diseño para manufactura (DFM) teniendo en cuenta los requerimientos de los productos en cuanto a funcionalidad, materiales y facilidad para manufactura, implementados en la ingeniería concurrente.

En este artículo se consigna parte del estudio realizado, particularmente los conceptos de DFM aplicados a productos. Se estudiaron los conceptos de DFMA y se estableció la base conceptual de los principios centrales de diseño para manufactura (DFM). Posteriormente, por medio de reglas de diseño basadas en el conocimiento de las restricciones y capacidades del proceso.

PAUTA	INTERPRETACIÓN y VENTAJAS
Minimizar cantidad de componentes.	Costos de ensamble reducidos. Desensamble más fácil en el mantenimiento y el servicio de campo. Automatización fácil con menos partes involucradas. Menos partes por adquirir, reducción de los costos de pedidos.
Utilizar componentes estándar disponibles comercialmente.	Menores esfuerzos de diseño. Evitar el diseño de componentes con ingeniería personalizada.
Usar partes comunes a través de las líneas de productos.	Permite el desarrollo de celdas de manufactura.
Diseñar para facilitar la fabricación de partes	Usar procesos de formas netas y casi netas cuando sea posible. Evitar una aspereza de superficies mayor que la necesaria porque podría requerirse un proceso adicional.
Diseñar el producto para que no puedan cometerse equivocaciones durante el ensamble.	El ensamble deber ser inequívoco. Componentes diseñados para que sólo puedan ensamblarse de un modo. En ocasiones debe agregarse características geométricas especiales a los componentes.
Diseñar para facilitar en ensamble	Incluye características tales como el biselado. Usar una parte base a la que se agreguen los demás componentes. Diseñar un ensamble para la adición de componentes desde una dirección. Minimizar la cantidad de sujetadores distintos.
Usar un diseño modular	Cada Sub-ensamble debe contar de 5 a 15 partes. Facilita el ensamble automatizado y manual. Reduce el tiempo de ensamble.
Formar partes y productos para facilitar el empaque.	Compatible con el equipo de empaque automatizado. Facilita el envío al cliente. Puede usar cartones estándar para empaque.
Eliminar o reducir el ajuste requerido.	Muchos productos ensamblados requieren ajuste. El diseño de productos debe minimizar la cantidad de ajustes necesarios dado que consumen tiempo en el ensamble.

Bibliografía

- AK steel, 316/316L Technical Data, 2000.ASM,
- ASM Metals Handbook , 10th edition, Vol.1, Properties and Selection Irons, Steels and High performance alloys..ASM,
- ASM Metals Handbook , 10 th edition, Vol.2 „Properties and Selection Non Ferrous Alloys..ASM,
- ASM Metals Handbook ,8th edition, Vol.5, Casting Article: Investment Casting..Bernal, J.; Martínez, F., .Estudio de materiales para la construcción por microfundición de la turbina de un turbo cargador, proyecto de grado presentado a la Universidad Nacional de Colombia para optar al título de ingeniero mecánico, 1996.
- [Boothroyd y Dewhurst, 1986], Boothroyd, G.; Dewhurst, P. (1986), *Product Design for Assembly*, Boothroyd Dewhurst Inc., Wakefield, R.I.
- [Boothroyd, 1992], Boothroyd, G. (1992), *Assembly automation and product design*, Marcel Dekker, Inc., New York.