SOLIDWORKS

VARATECH Sigmund
Design & Build Quality are Predictable

Ford

FORD MOTOR COMPANY

POCAS COSAS PUEDEN TENER UN GRAN IMPACTO EN LA CALIDAD

Caso de estudio de socio



2009 Ford Flex

DASSAULT SYSTEMES

Reto:
Las variantes dimensionales no controladas pueden dar lugar a costosos desechos y rediseños, y daños a la marca.

Solución:
Sigmund Software ayuda a Ford a analizar los diseños de tolerancia y ensamblaje durante la etapa de diseño.

Aunque la variedad es la sal de la vida, es la pesadilla de las empresas fabricantes. Los diseñadores e ingenieros deben tener en cuenta las inevitables variantes, tanto pequeñas como más grandes, en productos que salen de la línea de fabricación. Algunas empresas, como Ford, se prepararan para las variantes desde el inicio de su ciclo de desarrollo del producto. Otros cruzan los dedos, inician la fabricación y gestionan el caos posteriormente.

Para comprender los problemas que pueden presentar las variantes, debemos recordar que lo que se fabrica nunca es perfecto. Los datos de diseño asistido por ordenador (CAD, "computer-aided design") representan el diseño nominal teórico previsto (el ideal), no la calidad o el rendimiento reales del producto que se envía al cliente. CAD no fabrica nada: son los procesos de fabricación y ensamblaje del mundo real los que lo hacen. El hecho de que un diseño tenga un buen aspecto en CAD no significa que se vaya a construir correctamente en la planta.

Un producto tan simple como un cilindro de una pulgada de diámetro nunca tiene exactamente una pulgada de diámetro en la vida real. Sale de la fábrica ligeramente grueso, fino o con una forma ovalada. En función de las tolerancias especificadas por el diseñador del producto (y la capacidad de la planta), la varianza puede ser tan drástica que, cuando se combina con otras piezas variables, el producto resultante falla.

El peligro acecha con cada diseño. En algunas cuentas, casi la mitad de los desechos y trabajos repetidos se deben a una gestión deficiente de la tolerancia y variación. Y las empresas gastan enormes sumas de dinero en el coste de la mala calidad, incluidos el rediseño, las órdenes de cambio de ingeniería, las retiradas de productos, la garantía, la responsabilidad, los retrasos en la creación y el lanzamiento de versiones, los problemas de fabricación crónicos y los nombres de la marca mancillados. Se estima que ocho de diez "problemas fundamentales de calidad" de Seis Sigma se reducen a controlar la variación dimensional.

"Una cosa es correr un riesgo calculado con un diseño y quedarse cortos", explica Bob Gardner, director general de Varatech, una empresa que ha creado un software de análisis de diseños de tolerancia y ensamblaje llamado Sigmund® para abordar el problema. "Otra cosa muy distinta es que estemos totalmente ciegos con una gran variedad de problemas antes del lanzamiento debido a la falta de información sobre diversas relaciones fundamentales entre las piezas variables. Esto es lo que sucede si no se definen los objetivos de fabricación de calidad desde el principio y si los datos de tolerancia, si existen, simplemente se agregan arbitrariamente al final de un diseño. Esta situación puede salir muy cara".

> **"Lo que Sigmund realmente está haciendo es orquestar el desarrollo del producto". "Las opiniones demasiado a menudo establecen la dirección que va a tomar el desarrollo del producto, pero los datos objetivos triunfan sobre las opiniones. Con datos objetivos, no hay nada sobre lo que discutir".**
>
> **— Glenn Reed, experto técnico mecánico, Ford Motor Company**

CÓMO LOGRAR QUE LA CALIDAD DEL DISEÑO Y LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS SEA PREDECIBLE

Según Gardner, es fundamental definir los objetivos de fabricación de calidad desde el principio; Gardner los define como relaciones de ensamblaje importantes que afectarán al ajuste, el acabado y la función. Pregúntese lo siguiente: ¿cuáles son los rasgos importantes de su producto que se traducen en calidad? Para la carrocería de un coche de lujo, un indicador de calidad podría ser que un rodamiento de bolas pueda rodar suavemente a lo largo de las costuras en todo momento. Ese sería un objetivo de fabricación de calidad. Los objetivos de fabricación de calidad influyen en cómo será el rendimiento del producto y en qué medida se fabricará sin problemas durante la etapa de producción.

Los equipos de ingeniería líderes derivan los objetivos de fabricación de calidad de fuentes como la evaluación competitiva, estudios comparativos, los requisitos de marketing, las conclusiones de los análisis de implementación funcional de la calidad (QFD, "quality functional deployment"), los requisitos del usuario, el análisis de fallos y manuales como Machinery Handbook para las relaciones del mecanismo.

Una vez que se han identificado y cuantificado los objetivos de fabricación de calidad para producir objetivos cuantificables, estos objetivos guiarán el diseño. Por ejemplo, Ford Motor Company utiliza el software Sigmund de Varatech en estudios de bifurcaciones para determinar cuáles de los diversos conceptos de diseño son más sólidos o resistentes en relación con la variación, la sensibilidad geométrica y el cumplimiento de los objetivos de fabricación de calidad predefinidos. Los objetivos de fabricación de calidad determinan qué estudios basados en la tecnología de Sigmund se necesitan: peor caso, RSS modificado y tolerancia de Monte Carlo. Tradicionalmente, estos estudios se han realizado a mano o mediante una hoja de cálculo, sin ningún vínculo con el software CAD que se utiliza en el diseño, lo que dificulta el desarrollo, la actualización y el mantenimiento de toda la información relacionada con la tolerancia/variación. Sigmund, por el contrario, facilita a los diseñadores la demostración, con datos basados en CAD objetivos, de que el diseño es capaz de cumplir todos los objetivos de fabricación de calidad antes del diseño y el desarrollo de herramientas. Los equipos pueden evitar todos los retrasos y costes significativos asociados con la mala calidad desde el principio, así como tener una base de referencia a la que volver si es necesario.

FORD: EL DISEÑO DE CALIDAD ES EL PRIMER PASO

Ford utiliza Sigmund con el software CAD 3D de SOLIDWORKS® para garantizar una calidad superior. Glenn Reed, un experto técnico mecánico de Ford que trabaja en Dearborn (Míchigan) es un usuario avanzado. Él usa el software SigmundWorks, Sigmund ABA y SOLIDWORKS para comprobar los nuevos diseños de proveedores de todo el mundo y los ingenieros relacionados con sistemas de "infoentretenimiento", incluidos DVD, CD y radio. Él se encarga de garantizar que cumplen los objetivos previstos de funcionalidad y fabricación antes del desarrollo de herramientas.

Reed comienza a trabajar en un diseño importando un archivo IGES, STEP o Parasolid en el software SOLIDWORKS. "El software SOLIDWORKS es una poderosa herramienta para importar diseños (cualquiera que sea la fuente), limpiarlos y hacerlos paramétricos con FeatureWorks®," afirma.

Luego utiliza SigmundWorks, el producto de análisis de Varatech para el software SOLIDWORKS. Como Certified Gold Product, SigmundWorks está totalmente integrado con el software SOLIDWORKS y funciona dentro de su interfaz. Para evaluar la calidad, Reed revisa miles de estudios hipotéticos al mismo tiempo, ajustando cotas, tolerancias y variaciones a voluntad.

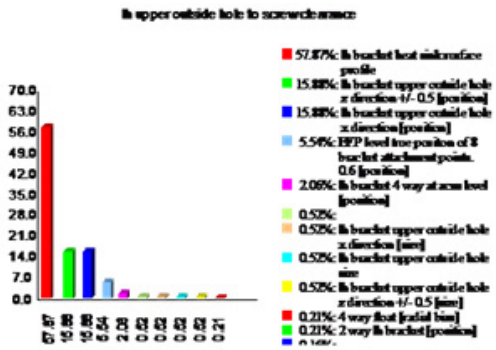
"SigmundWorks nos ayuda a definir y comprender a nuestros requisitos de fabricación desde el principio", afirma Reed. "Entendemos el impacto posterior de cada operación, cota y tolerancia en un diseño en cuanto al coste, la complejidad de la fabricación y el ensamblaje".

SIGMUND EN ACCIÓN EN FORD

Por ejemplo, Reed usa SigmundWorks para llevar a cabo estudios de la matriz de taladros para la matriz de refuerzo de tornillos en una interfaz entre el panel de acabado electrónico (EFP, "electronic finish panel") y el panel de acabado central (CFP, "center finish panel") en 2009 Ford Flex. Los estudios se diseñaron para garantizar que las piezas encajan juntas correctamente y mantienen un espaciado uniforme alrededor de los botones.

El EFP se ubica en el PPC con un localizador de dos vías y un localizador de cuatro vías, y se fija con 17 cierres. El análisis de coincidencia de la matriz de taladros de SigmundWorks mostró problemas en el 5 % de los ensamblajes con el uso de los taladros para tornillos de 3 mm de diámetro en el EFP. Los taladros se aumentaron incrementalmente a 3,8 mm mediante el análisis de coincidencia de la matriz hasta que se alcanzó la fabricación proyectada al 100 %. "Este tipo de análisis de taladro hasta pasador es prácticamente imposible de hacer a mano," afirma Reed. "Con Sigmund, simplemente derivamos lo que se necesitaba desde el punto de vista de la tolerancia de tamaño y posición para garantizar un ensamblaje correcto. Fue fácil y muy rápido".

En otro caso, Ford pudo validar que el ensamblaje de un reproductor de CD funcionaba según lo previsto, excepto cuando se utilizaba con discos que estaban deformados excesivamente. A pesar de que la exposición de un disco al calor o la luz solar es técnicamente la culpa del cliente, Ford utiliza SigmundWorks y el software SOLIDWORKS para alterar las cotas de la guía del disco a fin de lograr que el sistema sea más robusto y garantizar así los procesos correctos de carga y expulsión de discos ligeramente deformados. Ford, por lo tanto, logró evitar incluso la percepción de un defecto de diseño.



Como se muestra en este gráfico de sensibilidad de Pareto de Sigmund, solo unas cuantas tolerancias contribuyen a la mayor parte de la variación. Las tolerancias de la derecha no muestran muchas oportunidades de *ahorro de costes*.

El objetivo es entender dónde se necesita la precisión y dónde no.

En otro caso, Ford descubrió que algunos botones de la radio oscilaban ligeramente en un nuevo modelo de coche que estaba a punto de lanzarse. Es un problema pequeño que no tiene absolutamente ningún impacto sobre la funcionalidad, pero sí tiene un gran impacto en la calidad percibida. Con el software de análisis de fabricación de ensamblajes Sigmund ABA, Ford identificó que este problema se debía a una "sensibilidad geométrica" oculta en una pequeña distancia entre dos piezas de acoplamiento. En otras palabras, un pequeño hueco creaba una oscilación grande porque la relación de ensamblaje ampliaba su impacto (piense en cómo una pequeña inclinación de la muñeca puede mover la punta de una espada varios centímetros). Ford pudo identificar y cerrar fácilmente otra interfaz de la operación para reducir la oscilación. Los datos objetivos del análisis de Sigmund proporcionaron la confianza necesaria para modificar las herramientas de moldes de inyección durante la etapa de producción.

Ford normalmente ejecuta al menos 5000 diseños simulados virtuales con la tecnología de Sigmund en un diseño de ensamblaje. Es como si la planta construyera 5000 prototipos, todos ellos ligeramente diferentes en función de todas las combinaciones posibles de variaciones dentro de las tolerancias permitidas. A continuación, Sigmund traza un histograma de los diseños. Si en un diseño inicial, el 20 % de los diseños fallan, las aristas del histograma muestran las versiones que están fuera de las especificaciones en rojo. El color azul indica que están dentro de las especificaciones. Sigmund tiene la capacidad de identificar errores de diseño nominal y cambios principales en el proceso de ensamblaje con antelación.

Es emocionante ver cómo Sigmund lleva a cabo la animación de un diseño de ensamblaje. El potente software pasa por miles de versiones virtuales, e ilustra claramente todas las posibles variaciones, pequeñas y no tan pequeñas, que pueden afectar al componente acabado. Es una representación dramática de cómo la perfección en el diseño es un mito en la producción.

MÁS EJEMPLOS

Ford también utiliza Sigmund para complementar otros tipos de análisis, incluido el análisis de elementos finitos (FEA, "finite element analysis"). La geometría del análisis FEA normalmente se basa en un modelo nominal que nunca existirá. Agregar una variación del componente y ensamblaje del mundo real a la geometría del análisis FEA minimiza la diferencia habitual entre los resultados de la simulación y las pruebas. Sigmund tiene en cuenta la variación del componente y ensamblaje del mundo real, y proporciona representaciones realistas de la geometría fabricada en el mundo real desviada. Sigmund, por tanto, permite que el equipo de desarrollo analice lo que realmente va a producirse para ofrecer representaciones más precisas del rendimiento del producto cuando este sale por la puerta de la planta.

El ejemplo de la derecha del chasis de la radio de chapa metálica muestra cómo las tolerancias originales esbozan una caja no cuadrada que puede crear problemas de mecanismo. El análisis FEA (mediante el uso de NEiWorks) de la geometría nominal de la carcasa del chasis de la radio mostró un resultado. La geometría de la carcasa desviada del mundo real de Sigmund ocasionó que los resultados del análisis FEA fueran significativamente diferentes. Una vez fabricado, los efectos sumados de variación y carga en los ensamblajes podrían colocar un número significativo de estos chasis fuera del cuadrado, aumentando así la pila de desechos. Ford fue capaz de evitar el problema con un ajuste rápido del diseño.

"En Ford, Sigmund mejora la evaluación del concepto, el diseño, la selección de material, el programa de calidad, el proveedor y la selección del proceso", afirma Reed. "De hecho, Ford ha creado una nueva norma que afecta a todos los proveedores. Antes del desarrollo de herramientas, los proveedores deben llevar a cabo los estudios de peor caso, RSS modificado y tolerancia de Monte Carlo con el software de simulación para demostrar los objetivos de fabricación. Huelga decir que me gusta la idea".

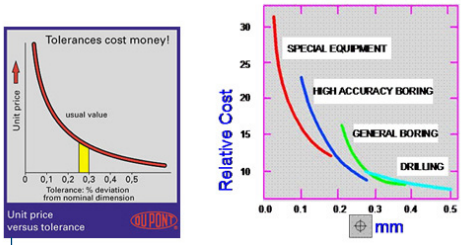
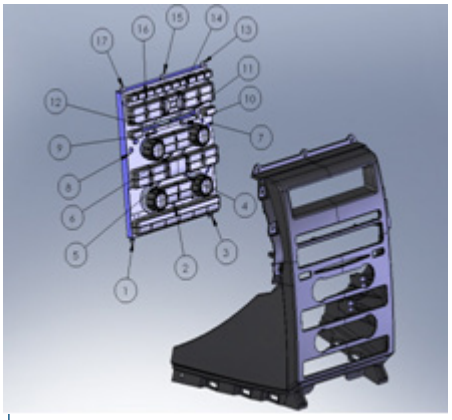


Gráfico del coste de la precisión: *las tolerancias ajustadas conllevan costes muy elevados*





Espaciado uniforme conseguido. Fabricación proyectada al 100 %.

La historia de Ford Motor Company

Sede central: Centro de relaciones con los clientes
P.O. Box 6248
Dearborn, MI, 48126
Teléfono: 1 800-392-3673

Para obtener más información
https://es.ford.com/

Aunque hay que invertir tiempo y esfuerzo para realizar el análisis de diseños de tolerancia y ensamblaje al comienzo de un proyecto, ese esfuerzo palidece en comparación con el coste y esfuerzo que conllevan los desechos, el trabajo repetido, las reclamaciones relacionadas con la garantía y las retiradas de productos.

"Lo que Sigmund realmente está haciendo es orquestar el desarrollo del producto", afirma Reed. "Las opiniones demasiado a menudo establecen la dirección que va a tomar el desarrollo del producto, pero los datos objetivos triunfan sobre las opiniones. Ahora podemos decir, "Aquí están los diseños A, B y C, y los estudios de Sigmund relacionados. Como puede ver, el diseño B no cumple el objetivo, así que tiene que relajar su estándar de calidad, o bien elegir entre el diseño A o C. Con datos objetivos, no hay nada sobre lo que discutir".

SigmundWorks es un producto Certified Gold Product, Sigmund ABA para el software SOLIDWORKS y Sigmund ABA Kinematics para el software SOLIDWORKS son productos Solution Partner. Ford confía en Varatech y en el distribuidor de software autorizado DASI Solutions de SOLIDWORKS para los programas continuos de formación, soporte e implementación del software.

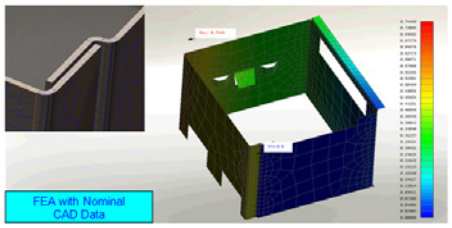
Para obtener más información, visite:

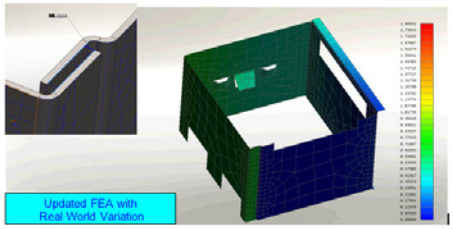
dasisolutions.com

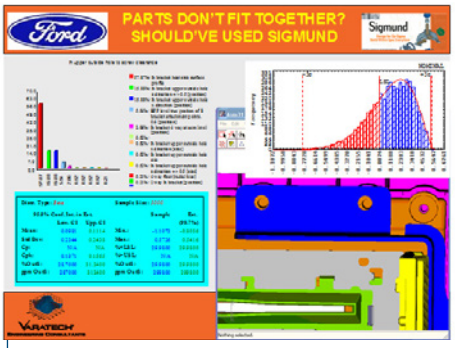
www.ford.com

www.solidworks.es

www.varatech.com







La figura anterior muestra los informes habituales de Sigmund:

1) Vista de del objetivo de fabricación documentado, que también puede ser un archivo AVI insertado que muestra la variabilidad animada del ensamblaje.
2) Informe de estadísticas que proporciona información de nivel superior como el porcentaje fuera de las especificaciones, Cpk y PPM, o "partes por millón" para Seis Sigma, junto con datos estadísticos avanzados.
3) Estudio de la sensibilidad del objetivo de fabricación que proporciona un orden de clasificación (contribución por porcentaje al objetivo) de todas las variaciones de tolerancias y ensamblajes del componente.
4) Histograma gráfico que indica dónde la población de valores simulados se produjeron en relación con sus límites de especificaciones del objetivo de fabricación específico. El histograma también revela el tipo de distribución e indica si existe un cambio principal, que a menudo puede causar el proceso de ensamblaje.

La plataforma **3D**EXPERIENCE® impulsa nuestras aplicaciones y ofrece un extenso portfolio de experiencias que dan solución a 11 industrias diferentes.

Dassault Systèmes, la compañía de **3D**EXPERIENCE®, suministra a empresas y usuarios universos virtuales en los que pueden dar rienda suelta a su imaginación para crear diseños innovadores y sostenibles. Sus soluciones, líderes mundiales, transforman las fases de diseño, producción y asistencia de todo tipo de productos. Las soluciones de colaboración de Dassault Systèmes fomentan la innovación social, lo que amplía las posibilidades de que el mundo virtual mejore el mundo real. El grupo aporta un gran valor a más de 250 000 clientes de todos los tamaños y sectores en más de 140 países. Si desea obtener más información, visite **www.3ds.com/es**.

3DEXPERIENCE®

DASSAULT SYSTEMES | The 3DEXPERIENCE® Company

Europa/Oriente Medio/África
Dassault Systèmes
10, rue Marcel Dassault
CS 40501
78946 Vélizy-Villacoublay
Cedex
France

América
Dassault Systèmes
175 Wyman Street
Waltham, MA, 02451 EE. UU.

Dassault Systèmes España S.L.
+34-902-147-741
infospain@solidworks.com

©2019 Dassault Systèmes. Todos los derechos reservados. **3DEXPERIENCE®**, el icono de Compass, el logotipo de 3DS, CATIA, BIOVIA, GEOVIA, SOLIDWORKS, 3DVIA, ENOVIA, EXALEAD, NETVIBES, CENTRIC PLM, 3DEXCITE, SIMULIA, DELMIA y IFWE son marcas comerciales o marcas registradas de Dassault Systèmes, una Sociedad Anónima Europea Francesa (Registro Mercantil de Versalles # B 322 306 440), o sus filiales en Estados Unidos u otros países. El resto de marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. El uso de cualquier marca comercial de Dassault Systèmes o sus filiales está sujeto a su aprobación expresa por escrito. MKSWCSFORES1219