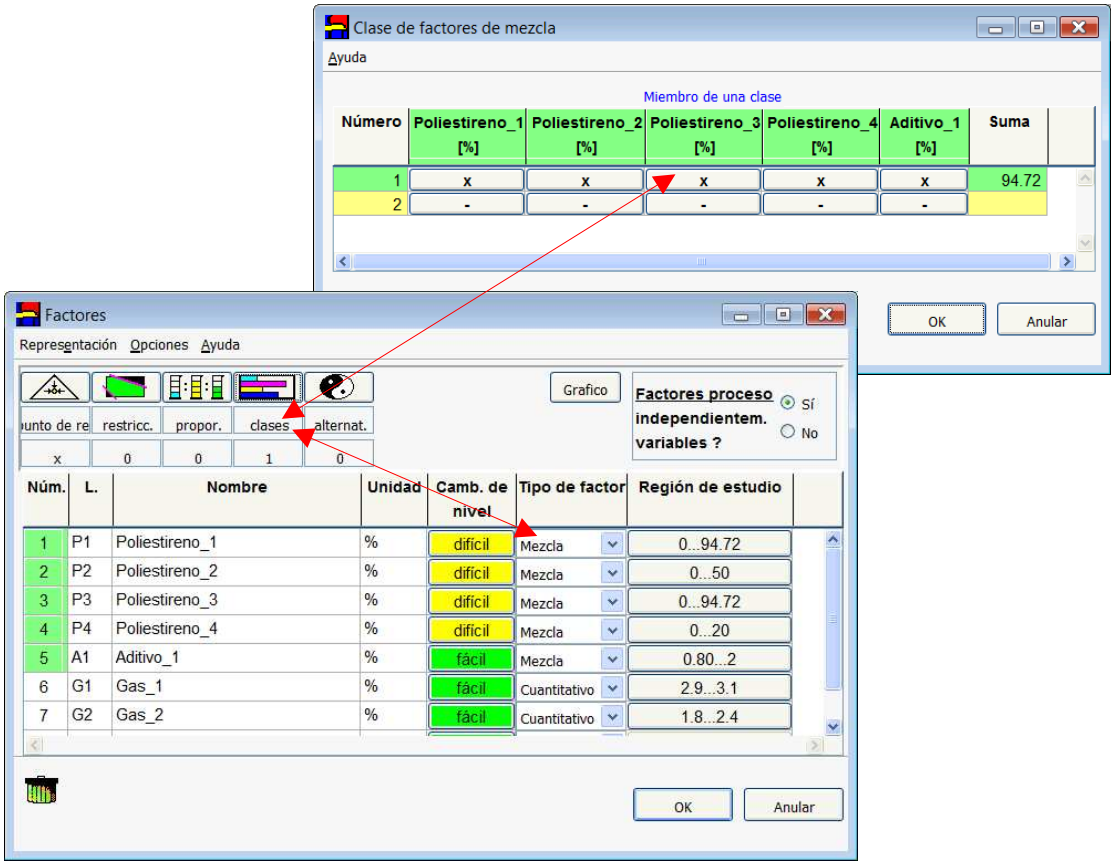
DoE en la producción de aislantes

Aumento de calidad y baja de gasto en procesos de producción subsistentes gracias al Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos (Design of Experiments – DoE) no solamente es una herramienta útil en el desarrollo de productos y procesos. Permite también optimizar eficientemente procesos de producción subsistentes. Eso demuestra un ejemplo de aplicación en casa de un fabricante de aislantes.

Stefanie Feiler,
Philippe Solot,
AICOS Technologies SA, Basel;
Michael Kurte-Jardin,
Gerrit M. Lask,
I&D, URSA Insulation, Madrid



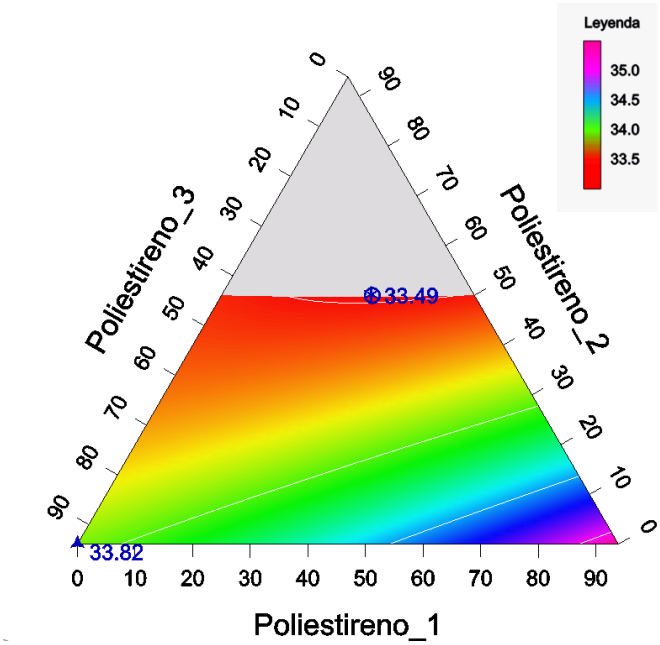
Con el sistema experto STAVEX la adicional optimización del proceso es posible. La introducción de los factores es muy fácil.

A nivel europeo URSA pertenece a los fabricantes punteros de aislantes. Con los productos principales poliestireno extruido XPS, lana de vidrio y folios, la URSA cubre todos los segmentos de aplicación acerca de los ámbitos aislamiento térmico y acústico. La investigación y el desarrollo trabajan continuamente en hacer productos de URSA todavía más eficaces, económicos y ecológicos. El procedimiento con CO_2 para la espumación de aislantes XPS o el desarrollo de propios productos biosolubles de lana mineral solamente son dos ejemplos para esto. Para optimizar estos procedimientos los más modernos métodos de análisis y procedimientos son empleados.

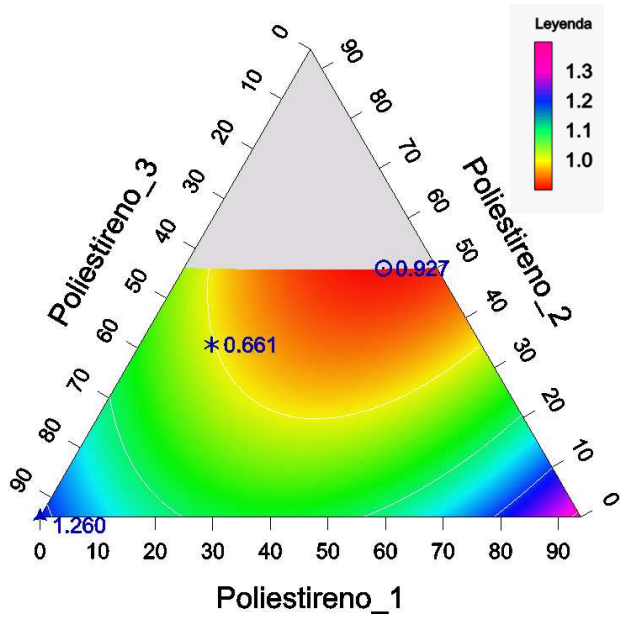
Entre otros se aplican métodos estadísticos como los del software de DoE STAVEX, que está descrito en este artículo, para optimizar los procesos y con ello garantizar la alta calidad. XPS (espuma dura de poliestireno extruido) es insuperado como material de aislamiento con respecto al esfuerzo de compresión y la hidrofugación – lana de vidrio y de roca u otras espumas de plástico tienen un claro peor rendimiento. Por eso se utiliza XPS por ejemplo para el aislamiento bajo el efecto de carga y en el contacto con agua. Por consiguiente los más importantes parámetros de calidad en la fabricación de XPS son la conductividad térmica (propiedad de aislamiento), el esfuerzo de compresión (capacidad de resistencia a la deformación bajo el efecto de carga), la absorción de agua (hidrofugación) como también la densidad, que incide en los gastos de producción. El proceso de fabricación mismo es complejo: factores que influyen son por un lado materiales de materia prima (diferentes, también reciclados poliestirenos; ignifugantes), por otro lado los ajustes en la extrusión (organización en cascada). Además los parámetros de proceso como por ejemplo la producción, presión o diferentes ajustes de temperatura juegan un papel importante. Así mismo los gases, que se pueden utilizar para espumar, tienen muy diferentes propiedades de solución en XPS. Todos estos factores influyen la estructura celular de la espuma y con ello las propiedades de aislamiento.

Para garantizar un procedimiento eficiente se utilizó el diseño de experimentos (DoE – Design of Experiments) para la optimización del proceso de producción. Aquí se hizo uso del sistema experto STAVEX de AICOS Technologies. Gracias a la alta facilidad de uso del software, el tiempo de entrenamiento se limita a un mínimo. Las variables de respuesta y los factores que influyen se introducen directamente, después STAVEX propone diseños experimentales adecuados. A continuación de la introducción de los resultados experimentales, se obtiene un análisis en detalle y escrita en un idioma comprensible y propuestas para el procedimiento siguiente. Para una investigación más detallada se puede conseguir los detalles estadísticos de la forma larga del informe.

Conductividad térmica



Absorción de agua



El análisis gráfico muestra el comportamiento de la conductividad térmica y de la absorción de agua cuando el ajuste de otros factores está fijado.

En URSA la composición de la espuma fue optimizada con esta herramienta. El material básico está compuesto de cuatro diferentes componentes de poliestireno y un aditivo (ignifugante), además se utilizan dos gases diferentes para espumar. Diferencias en la composición resultan en diferentes tiempos de endurecimiento, así que en comparación a esto los otros ajustes del proceso son despreciables. Juntos los componentes mencionados deben resultar en 94,72 % de la masa – los componentes restantes, por ejemplo colorante, son determinados. Semejantes planteamientos del problema pueden ser introducidos muy fácilmente en STAVEX. Incluso varias clases de mixturas – por ejemplo para los gases utilizados – o la especificación de factores alternativos (o componente A o B; o tobera 1 o 2) son posibles. El software está basado en el concepto de diseño de experimentos secuencial. Quiere decir que dependiente de la complejidad del planteamiento del problema, significa del número y del tipo de los factores que influyen, diseños más o menos detallados son propuestos. Si hay que investigar muchos factores que influyen (fase de screening), el acento yace en la identificación de los factores más importantes. Cuanto menos factores existen, tanto más detallado se puede realizar el análisis (fase de modelización / fase de optimización). En general este procedimiento guía por un camino muy eficiente, en varios ciclos, desde la definición del problema hasta el ajuste optimal de los parámetros. Los usuarios tienen sin embargo aquí como normalmente, a causa de propios reflexiones, la posibilidad de elegir otros caminos. Dado que aquí la duración de endurecimiento constituye una gran limitación temporal, se decidió de realizar enseguida, durante el primer paso, una optimización. Esto significa que en la planta de producción se tenía que hacer 33 experimentos con diferentes composiciones de mezclas y gases.

El análisis estadístico de los resultados experimentales muestra donde se encuentran los mejores ajustes para las variables de respuesta individuales y cual valor se puede espectar ahí (incluso intervalo de confianza). Ahora una dificultad consiste en encontrar un acuerdo practicable. Para esto las abundantes opciones gráficas de STAVEX son una gran ayuda. Además se podría, a través de una así llamada función de deseabilidad (“desirability”), realizar automáticamente la búsqueda de un buen ajuste global. La absorción de agua y la conductividad térmica se comportan parecidas. Los mejores ajustes para el esfuerzo de compresión, que debe ser posiblemente alto, son de marcha opuesta a los para la conductividad térmica, que debe ser disminuida. Esto no es sorprendente, ya que la cantidad de gas inclusivo disminuye tanto la conductividad térmica como el esfuerzo de compresión. La ilustración a la derecha de arriba describe como se comportan la conductividad térmica y la absorción de agua acerca del mejor ajuste para el esfuerzo de compresión.

Conclusión: sustanciales mejoras a pesar de menos experimentos

El diseño de experimentos es en la siguiente optimización de procesos una herramienta útil. Aunque en una plana de producción el número de posibles experimentos normalmente es limitado, se pueden obtener mejoras sustanciales y conseguir un entendimiento más profundo. Un software bueno, de fácil manejo, como el sistema experto STAVEX que se utilizó, en este caso es indispensable.

Diseño de experimentos no solamente en la fase experimental

El sistema experto STAVEX de fácil manejo permite un uso simple del diseño de experimentos (DoE - Design of Experiments). El software implementa el concepto del diseño de experimentos secuencial y acompaña al usuario desde el primer screening hasta la optimización final. Así ajustes óptimos pueden ser encontrados eficientemente. Los resultados de la evaluación estadística se vehicula en un lenguaje comprensible. Una abundante biblioteca de gráficos hace una visualización clara posible. El diseño de experimentos se puede emplear para la optimización en los sectores de química fina, materia colorante, elaboración de plástico, farmacia, cosmética, alimento, industria mecánica e industria automovilística, igualmente para la optimización de nuevos productos y nuevos procesos.