



PT1. Revisión del estado del arte

Entregable 1.1

Especificaciones de modelado y selección de técnicas de simulación a emplear

Financiado por:



1. Especificaciones del modelado

La técnica de conformado por laminación mediante lecho de polvo comprimido entre rodillos comienza con la colocación de uno o varios estratos de polvo sobre una cinta transportadora metálica. Este lecho de polvo, con un grosor previamente definido, se hace pasar de forma progresiva por el espacio entre la cinta transportadora y una segunda cinta metálica situada encima, la cual se va acercando gradualmente a la inferior mientras acompaña al polvo en su movimiento. Este proceso elimina de manera paulatina el aire contenido en el lecho, reduciendo su grosor y compactándolo.

A continuación, se realiza el corte transversal de las placas para obtener la longitud deseada del producto. Como este corte debe ejecutarse mientras el estrato compactado sigue saliendo del equipo, no se puede emplear un sistema que detenga la placa, como ocurre en la tecnología de prensado sobre banda. Por ello, se utiliza un sistema de corte al vuelo, que sincroniza su movimiento con el desplazamiento continuo de la placa compactada al salir del compactador.

En principio, las variables de control críticas en este proceso serían similares a las de los métodos de conformado por prensado convencional o por prensado uniaxial sobre banda. Sin embargo, los equipos utilizados en este tipo de conformado no tienen la capacidad de regular directamente la presión máxima que el lecho de polvo experimenta al pasar por el tren de rodillos. En realidad, el control del proceso se centra casi exclusivamente en la gestión de la relación de compactación, que se define como la proporción entre el grosor inicial del lecho de polvo depositado sobre la cinta transportadora y el grosor final de la pieza obtenida.

El método más común para llevar a cabo este control consiste en ajustar de forma combinada tanto la cantidad de polvo depositada sobre la cinta como la separación entre los rodillos compresores en el punto de máxima proximidad.

2. Selección de técnicas de simulación a emplear

Dos de las técnicas de simulación numérica más famosas son el Método de Elementos Discretos (DEM) y el Método de Elementos Finitos (FEM). El enfoque de cada uno de estos dos métodos es diferente por lo que son adecuadas en diferentes tipos de problemas. El DEM se centra en modelar sistemas compuestos por partículas discretas que interactúan mediante fuerzas de contacto, siendo especialmente útil en el estudio de materiales granulares, colisiones y fracturas. Por otro lado, el FEM trabaja sobre la base de un medio continuo, dividiendo el dominio en una malla de elementos finitos conectados que permiten calcular tensiones, deformaciones y otros fenómenos físicos distribuidos, lo que lo hace ideal para estructuras sólidas y problemas de elasticidad o plasticidad.

La principal diferencia entre ambas técnicas radica en su enfoque: mientras el DEM se basa en interacciones locales entre partículas, el FEM modela fuerzas internas globales en medios continuos. En cuanto a sus ventajas, el DEM es especialmente eficaz para problemas donde las discontinuidades, fragmentaciones o movimientos relativos entre partículas juegan un papel crucial, aunque su implementación puede ser computacionalmente intensiva cuando se trata de un número elevado de partículas. En cambio, el FEM es eficiente en sistemas continuos y proporciona resultados precisos en materiales homogéneos y estructuras grandes, aunque su precisión depende de la calidad de la malla, y presenta limitaciones en el manejo de fracturas o discontinuidades bruscas.

Un inconveniente importante del DEM es su alta demanda computacional y la necesidad de definir parámetros experimentales para las leyes de contacto, mientras que el FEM requiere un modelado previo exhaustivo y puede fallar en representar con precisión comportamientos discontinuos sin técnicas avanzadas adicionales.

En este caso en particular, se ha decidido utilizar el FEM. Aunque el comportamiento del polvo puede ser explicado mediante el DEM, la incorporación en el modelo de la prensa en continua donde se fija el grado de compactación y el alto número de partículas del polvo que se necesitarían para simular este proceso industrial han decantado la balanza a favor del FEM.

3. Modelos de simulación aplicables al MEF

La simulación del comportamiento de medios granulares ha evolucionado significativamente con el tiempo, desarrollándose diversos modelos y técnicas para abordar las complejas interacciones y comportamientos de estos materiales. Entre los modelos elastoplásticos fundamentales, el modelo Cam-Clay, introducido en la década de 1960, destaca por su capacidad para describir materiales cohesivos como los suelos, especialmente en procesos de consolidación y precarga. Este modelo permite predecir el comportamiento de los materiales bajo diferentes condiciones de esfuerzo, proporcionando una base sólida para estudios de compactación inicial.

Por otro lado, el modelo Drucker-Prager, que simplifica el enfoque de Mohr-Coulomb, resulta particularmente útil para simular materiales granulares sometidos a altos esfuerzos, como ocurre en procesos industriales de compactación continua. Su capacidad para manejar esfuerzos tridimensionales con mayor facilidad lo ha convertido en una herramienta valiosa en el modelado de procesos de prensado.

Para escenarios que involucran compactación confinada, el modelo Drucker-Prager-Cap (DPC) introduce un límite de compresión que permite simular de forma precisa el comportamiento de materiales en situaciones de alta densidad. El modelo DPC ha sido el elegido para este proyecto. Además, se ha utilizado el software Abaqus para implementar el modelo, aprovechando su flexibilidad para incorporar modelos personalizados mediante subrutinas. Esto nos permitió adaptar el modelo DPC a los requerimientos específicos del proceso de compactación de polvos de una manera razonablemente sencilla.