

Sistema de calentamiento a gas de alta precisión en el control de temperatura

Sector Tecnológico

La presente invención se relaciona con el sector de la Ingeniería Mecánica, específicamente con aplicación en el campo de la industria de manufactura.

La presente invención corresponde al desarrollo de un sistema de calentamiento a gas de control fino de temperatura.

Estado del Arte Previo

En la industria de la manufactura, el alto costo energético requerido en el proceso de modelado de materiales como plástico o metales, hace que las empresas aumenten el consumo energético, generando daño ambiental y aumentando los costos. Además, el tiempo de arranque y la velocidad de respuesta en el control de la temperatura son lentos, ocasionando problemas de calidad en los productos finales. La necesidad de un sistema de control fino de temperatura para un quemador, que reduzca el costo energético se ha vuelto por lo tanto un problema en la práctica, especialmente a la luz de las consideraciones ambientales de la actualidad.

Por lo anterior, se ha dado paso al desarrollo de sistemas para procesar plásticos utilizando un calentador, así como en la patente **EP1300233 B1** que se refiere al uso de un método y sistema para calentar un cilindro de plastificación. El sistema posee un sistema de cámaras de combustión para cada etapa del proceso. Estas cámaras son iguales para cada etapa y comprenden una cámara de combustión con sistema de recirculación de gases. Al estar compuesto por cámaras iguales, donde el flujo del barril es radial, no se logra optimizar cada etapa del proceso. Por otro lado, el desarrollo se enfoca principalmente en la inyección de plásticos, sin tener en cuenta el modelado mediante extrusión, por lo cual su funcionalidad resulta limitada.

Se han desarrollado otros sistemas para el modelado de plásticos mediante calentamiento como en la patente **RU02393058 C2**, la cual además es aplicable en inyección y extrusión. El desarrollo comprende un sistema de cámaras para cada proceso en el cual se utilizan gases para el calentamiento. Sin embargo, no comprende un sistema de recirculación de gases que permita

reducir el gasto energético ni aprovecha el calor de combustión como energía, generando por lo tanto pérdidas en eficiencia.

Descripción de la Invención

La presente invención se refiere al desarrollo de un sistema de calentamiento a gas de alta precisión en el control de la temperatura y se caracteriza porque comprende al menos dos cámaras de combustión, una asociada a un barril que contiene el material moldeable, y otra asociada a una zona de dosificación. Dicha disposición espacial provee un flujo de gases de combustible determinada, que genera mayor eficiencia energética. El sistema incluye además una serie de deflectores asociados a la cámara de la zona de alimentación. Adicionalmente, cuenta con un mecanismo de recirculación tubular que une las zonas inferiores de ambas cámaras mediante el tubo o tubos más cercanos al barril. Finalmente, el sistema cuenta con medios de control que regulan la apertura y cierre de las válvulas de aire y combustible, de manera que el proceso es automático, continuo y más seguro para el operario.

Particularmente, la distribución espacial de los componentes permite un control preciso de la temperatura en procesos de inyección y extrusión, y disminuye el costo energético alrededor de un 50%. Asimismo, reduce el tiempo de arranque y evita problemas de calidad en el material moldeable debido al control de la temperatura. A diferencia de los sistemas que incluyen resistencias eléctricas, el sistema permite mayor velocidad, precisión en el control de la temperatura y rangos mayores de temperatura en la operación. Finalmente, el equipo cumple con estándares internacionales de seguridad para equipos industriales.

Descripción de las Figuras

Figura 1. Isométrico de cámaras de combustión y quemadores asociados.

Figura 2. Vista en corte A-A' de la cámara de alimentación.

Figura 3. Vista en corte B-B' correspondiente a la cámara de alimentación.

Figura 4. Vista en corte C-C' correspondiente a la cámara de dosificación.

Figura 5. Variación de la temperatura en el tiempo utilizando control on-off en extrusión continua de PAD a 50 RPM.

Descripción detallada

La presente invención se refiere al desarrollo de un sistema de calentamiento a gas de alta precisión en el control de la temperatura y se caracteriza porque comprende al menos dos cámaras de combustión, una asociada a una zona de alimentación, que se asocia a un barril que contiene el material moldeable, y otra asociada a una zona de dosificación. Las cámaras se encuentran asociadas a quemadores, poseen un mecanismo de recirculación tubular y son controlados por medios de control, válvulas y bujías.

Para todos los efectos de la invención y para el entendimiento y alcance de la misma, el término tubo, ducto o sección concéntrica considera que la parte externa puede ser circular o rectangular, sin limitarse a los planos ilustrativos incluidos en las Figuras.

En un aspecto general de la invención, el sistema de calentamiento comprende los siguiente elementos: la Cámara de combustión de la zona de alimentación (1); Cámara de combustión de la zona de dosificación (2); Conducto de salida de gases de combustión de la zona de alimentación (3); Cubierta de la cámara de dosificación (4); Ducto de entrada de los gases de combustión a la cámara de dosificación (5); Ducto de realimentación de gases de combustión de la cámara de dosificación a la cámara de alimentación (6); Tubo concéntrico de la cámara de dosificación (7); Entrada de gases al tubo concéntrico de dosificación (8); Sección concéntrica de la zona de alimentación (9); Deflectores (10); Entrada de gases de combustión del quemador de la zona de alimentación (11); Quemador de la zona de alimentación (12); Boquillas del quemador de la zona de alimentación (13); Sensor de temperatura de la zona de alimentación (14); Sensor de presión de combustible de la zona de alimentación (15); Bujía de ignición de la zona de alimentación (16); Sensor de llama de la zona de alimentación (17); Válvula solenoide de la zona de alimentación (18); Válvula de paso de combustible zona de alimentación (19); Válvula de entrada de aire de la zona de alimentación (20); Control de encendido y suministro de combustible de la zona de alimentación (21); Control de temperatura de la zona de alimentación (22); Quemador de la zona de dosificación (23); Boquillas del quemador de la zona de alimentación (24); Sensor de temperatura de la zona de dosificación (25); Sensor de presión de combustible de la zona de dosificación (26); Bujía de ignición de la zona de dosificación (27); Sensor de llama de la zona de dosificación (28); Válvula solenoide de la zona de dosificación (29); Válvula de paso de combustible de la zona de dosificación (30); Válvula de entrada de aire de la zona de dosificación (31); Control de encendido y suministro de

combustible de la zona de dosificación (32); Control de temperatura de la zona de dosificación (33)

.

En un aspecto de la invención, la cámara de combustión de la zona de alimentación (1) está ubicada de manera concéntrica a un barril, provee un flujo de entrada de gases transversal a dicho barril y asociado a un quemador (12) paralelo a dicho barril en la zona de alimentación y un quemador perpendicular (23) a dicho barril en la zona de dosificación.

Particularmente, el sistema comprende al menos una sección tubular (9) concéntrica a un barril que alberga el material moldeable, un sensor de temperatura (14) y una serie de deflectores (10) asociados a la cámara de alimentación (1). Estos generan mayor turbulencia en el flujo de gases y mayor transferencia de calor, lo cual permite una disminución en el consumo energético.

En el mismo aspecto de la invención, la cámara de combustión de la zona de dosificación (2) está ubicada en una disposición espacial de manera concéntrica al barril, con un ducto de entrada de los gases (5) transversal a dicho barril y un laberinto tubular concéntrico en donde se ubica el quemador (23) perpendicular a dicho barril.

En otro aspecto de la invención, la cámara de combustión de la zona de dosificación (2) comprende un laberinto tubular, conformado por al menos dos tubos, uno interior y otro exterior; preferentemente, el tubo interior (7) comprende al menos un orificio o ranura circular, longitudinal o transversal de entrada de gases (8) al tubo interior. Adicionalmente, la cámara de dosificación incluye una cubierta transversal (4) que se extiende en todo el diámetro del tubo exterior y tiene asociadas unas boquillas del quemador de la zona de alimentación (24).

En este mismo aspecto de la invención, los gases de combustión salientes de la cámara de dosificación se trasladan mediante un ducto de realimentación (6) de la cámara de combustión de la zona de dosificación (2) a la cámara de combustión de la zona de alimentación (1).

Particularmente, en la cámara de combustión de la zona de dosificación (2) un tubo concéntrico (7) presenta un orificio superior de entrada de gases al tubo concéntrico de dosificación (8), un ducto inferior, que corresponde con el ducto de realimentación de gases de combustión de la cámara de dosificación a la cámara de alimentación (6) y define la trayectoria de los gases de combustión.

En el mismo aspecto de la invención, un ducto de entrada de los gases de combustión a la cámara de dosificación (5) se posiciona transversalmente a la cámara de combustión de la zona de dosificación (2).

Una sección concéntrica de la zona de alimentación (9) que comprende al menos cuatro ranuras de flujo de gases hacia el barril de extrusión.

Unos deflectores (10) que corresponden con láminas inclinadas respecto al eje del barril de extrusión localizadas en la cámara de alimentación; el sistema comprende al menos uno de estos deflectores.

Una entrada de gases de combustión del quemador de la zona de alimentación (11) transversal a la eje del barril de extrusión. Corresponde con una ranura, orificio o similar en la parte inferior de la cámara de combustión de la zona de alimentación (1).

A la zona de alimentación se asocia un quemador de convección forzada (12) que comprende al menos una boquilla (13) por donde entra una premezcla de aire y combustible, en donde el aire y combustible se suministran por un conjunto de válvulas (18, 19, 20).

A la zona de dosificación se asocia un quemador de convección forzada (23) que comprende al menos una boquilla (24) por donde entra una premezcla de aire y combustible, en donde el aire y combustible se suministran por un conjunto de válvulas (29, 30, 31).

En este mismo aspecto de la invención, el sistema comprende unos medios de control electrónico que corresponden a sensores, bujías y controles (14, 15, 16, 17, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33) que regulan la apertura y cierre del conjunto de válvulas (29,30,31), de manera que el proceso sea automático, continuo y más seguro para el operario.

La presente invención incluye un conjunto de bujías de ignición (16 y 27) y sensores de temperatura, presión y llama (14, 15, 17, 25, 26 y 28) que envían las señales de apertura y cierre de válvulas a los medios de control electrónico (21, 22, 32 y 33) de acuerdo a la temperatura del barril y a la presencia de llama, e ignición y presión de combustible para cierre y apertura de dichas válvulas.

Particularmente, la presente invención comprende dos sistemas de control, uno para la zona de alimentación y otro para la zona de dosificación y ambos funcionan de igual forma. Los Sensores de temperatura (14 y 25) envían la señal a los controles de temperatura (22 y 33) que a su vez comunican dicha señal corregida a los controles de encendido y suministro de combustible (21, 32). Adicionalmente, en la presente invención los controles de encendido y suministro de combustible (21, 32) reciben la señal de los sensores de presión de combustible (15, 26), Bujías de ignición (16,27), Sensores de llama (17, 28) y finalmente envían las señales de apertura o cierre de paso de combustible a las válvulas solenoides (18 y 29), la cantidad de combustible es controlada por las válvulas (19 y 30). Las válvulas de entrada de aire (20,31) permanecen abiertas, cuando hay combustión, alimentan la premezcla y cuando no hay combustión, permiten la evacuación de los gases de combustión, evitando una posible detonación al interior de las cámaras.

De esta forma se produce el flujo de gases de combustión en forma segura, en ambas cámaras de combustión (1, 2) y se garantiza el calentamiento del material dentro de unos rangos de temperatura establecidos.

Modalidades preferidas

En el aspecto preferido de la invención, el sistema comprende una cámara de combustión de la zona de alimentación, que se asocia a un barril que contiene material moldeable, y otra cámara de combustión de la zona de dosificación. Las cámaras se encuentran asociadas a quemadores, poseen un mecanismo de recirculación tubular y son controlados por medios de control, válvulas y bujías.

En este aspecto preferido, los medios de control permiten la evacuación de los gases de combustión antes de la ignición con el objeto de evitar la explosión de dichos gases en la cámara.

En el mismo aspecto preferido de la invención, el sistema comprende medios de monitoreo de llama por cada quemador. Esta configuración evita que se inicie la combustión sino se alcanza la temperatura deseada, en cumplimiento de las normas para quemadores industriales.

En este mismo aspecto preferido de la invención, el sistema comprende válvulas de paso independientes para el control de la entrada de aire y combustible.

En este mismo aspecto de la invención, las cámaras de combustión y dosificación se componen preferentemente de materiales altamente resistentes.

Ejemplos

Las siguientes pruebas se realizaron en una extrusora para poliolefinas con una relación entre la longitud y el diámetro de tornillo (L/D) igual a 15 y un diámetro final en la boquilla de extrusión de 3mm. Se instalaron dos zonas de control de temperatura tipo lazo cerrado, uno para la zona de alimentación y la zona de dosificación. Cada lazo cerrado está conformado por un control proporcional, integral y derivativo (PID) acoplado a una termocupla tipo K. Todo lo anterior fue utilizado en las pruebas de con resistencias eléctricas y con la presente invención.

Prueba de variación de temperatura en aplicación de la invención

Esta prueba se realizó simultáneamente con la prueba de costo energético de la invención con las siguientes condiciones para el gas combustible, en este caso gas licuado de petróleo (GLP) suministrado en pipeta en la ciudad de Medellín: una presión manométrica de 17 pulgadas de agua, una presión atmosférica de 640 mmHg y una temperatura de la atmósfera que rodea el proceso de 28 °C.

La Figura 5 muestra la variación de la temperatura en el tiempo con un sistema de lazo cerrado, prendido/apagado, para la extrusión continua de PAD a 50 RPM. Se observa que la variación de temperatura en la zona de dosificación es +/- 2 °C, y en la zona de alimentación +/- 7 °C. Lo cual permite estabilidad en la calidad del polímero extruido. Se realizaron 120 mediciones con una frecuencia de muestreo de 0,1 Hz en las condiciones descritas en los numerales 17 y 17.1

Prueba de costo de consumo energético de la invención y de unas resistencias eléctricas

En las pruebas con resistencias eléctricas se utilizaron de cuatro resistencias eléctricas de 800 vatios ubicadas sobre un barril de extrusión en la zona de alimentación y dos de 400 y

250 vatios sobre el cabezal de extrusión en la zona de dosificación. Las resistencias se alimentaron a 220 voltios

La prueba con resistencias eléctricas consistió en medir la potencia consumida para calentar diferentes materiales y el flujo másico, variando la velocidad del husillo a 20, 30, 40, y 50 revoluciones por minuto (RPM).

Se midió la potencia consumida por las resistencias eléctricas con un analizador de redes y con un programa de adquisición de datos a un computador personal. Para cada material y velocidad de husillo se realizaron mediciones de potencia durante 10 minutos.

El flujo másico se obtuvo durante un minuto para las diferentes condiciones de operación y se midió una balanza digital.

Los materiales utilizados fueron polietileno de baja densidad (PEBD 8320 NT®), polietileno de alta densidad-PA (PEAD 8920 NT®) de Down Chemical y polipropileno (PP 520L®) de Sabic. En la siguiente tabla se describen las propiedades del material y las diferentes condiciones de operación.

Polímero	Índice de fluidez (gr/10 min)	Densidad (Kg/m ³)	Temperatura de operación Zona 1 (°C)	Temperatura de operación Zona 2 (°C)
PEBD	20	924	180	210
PEAD	20	954	190	215
PP	10	905	190	215

Tabla 1. Propiedades de los materiales probado con sistema de la invención

De las pruebas anteriores con resistencias eléctricas se escogió la prueba con polietileno de alta densidad a 50 rpm para el análisis comparativo con la prueba de costo del consumo energético de la presente invención.

En las tablas siguientes se describen las condiciones de operación en un ambiente industrial, que permiten medir el consumo de combustible y compararlo con el costo energético de las resistencias eléctricas, obteniendo ahorros superiores al 50 %. También se realiza un estimativo con el gas natural, obteniendo un ahorro superior al 60 %.

CONSUMO ENERGÉTICO EN UNA HORA DE EXTRUSIÓN DE PAD A 50 RPM CON GLP

CONDICIONES DE MEDICIÓN, asumiendo el GLP como gas ideal propano		
$d = \frac{M * P}{R * T}$		
Densidad (Kg/m3)	d =	1,5714
Presión absoluta (atm)	P =	0,8830
Temperatura (°K)	T =	301
Peso molecular (gr/mol)	M=	44
Constante universal gases (atm.L/mol.°K)	R=	0,0821
CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UNA HORA DE EXTRUSIÓN		
Flujo volumétrico de combustible (m³)		0,18
Flujo másico de combustible (Kg)		0,28
CONSUMO ENERGÉTICO* (Kwh)		3,64
*Considerando que el gas contenido en la pipeta de 40 libras pesa 4.68 libras/galón y tiene un poder calórico de 11082 Kcal/Kg		

Tabla 2. Condiciones industriales de operación del sistema de la invención

COSTOS ENERGETICOS EXTRUSIÓN DE PAD A 50 RPM	RESISTENCIAS ELECTRICAS	GLP	GN*
VALOR Kw.h (COP)	544,5	---	---
VALOR kg (COP)	---	2231,26	---
VALOR m³ (COP)	---	---	1411,34
CONSUMO Kw.h	3,44	3,64	---
COSTO (COP)/ hora producción	1873,08	631,12	495,00
COSTO (COP)/ kg producido	135,73	50,57	39,66
Kw.h/ kg producido	0,25	0,29	-
AHORRO COSTO ENERGETICO (COP)/ kg producción		62,74%	71%
*el ahorro en el costo con gas natural es una estimación con base en los resultados obtenidos con GLP, asumiendo que la energía entregada por un kg de propano es aproximadamente la equivalente a 1,24 m³ de gas natural.			

Tabla 3. Condiciones industriales de operación del sistema de la invención