

Sistema de Medición Automático para el Consumo de Material Utilizado en Vestiduras Automotrices

Lidia H. Rascón, Víctor M. Hinostraza, Arnulfo Castro y Héctor M. Loya
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología,
Av. del Charro 450 Norte, 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua-México
(e-mail: lrascon@uacj.mx; vhinostr@uacj.mx; arncastr@uacj.mx; hloya@uacj.mx)

Resumen

Se presenta el proceso de diseño y aplicación de un sistema para la medición automática de material utilizado en el proceso de corte de vestiduras automotrices. El diseño consta de un carrete medidor de material, sensores de presencia, un microcontrolador y una computadora. El microcontrolador cuenta los periodos de la señal de salida del codificador y calcula la medición de material. El sistema registra en una base de datos la cantidad de material utilizado, el material restante en el rollo y el material excedente utilizado en cada requerimiento de corte. El sistema de medición automático no interfiere con el proceso de corte, mide con mayor exactitud el material utilizado y disminuye sustancialmente el material de desperdicio.

Palabras clave: automatización, medición de longitud, vestiduras automotrices, codificador, proceso de corte

Automatic Measurement System for Material Consumption in Automobile Seat Covers

Abstract

This work describes the design and application of a system for the automatic measurement of the quantity of material utilized in automobile seat covers. The design consists of a reader system, sensors, a controller, a microcontroller and a computer. When the cutting process finishes, a microprocessor store the measurement. This measurement is sent to a database for further analysis. The system counts the material utilized in the cutting process and the material that is left on a roll. The system adaptation does not interfere with the normal cutting process, allows measuring correctly the material consumption and diminishes the scrap material.

Keywords: automation, length measurement, automotive seat cover, encoder, cutting process

INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos basados en microcontrolador tiene un amplio número de aplicaciones en la industria, la medición automática de manejo de material es una de ellas. El sistema propuesto en este trabajo se basa en el uso de micro-tecnología y sensores para implementar un sistema automático de medición que permita conocer con mayor exactitud la cantidad de material utilizado en un proceso de corte. Haciendo esto sin modificar los pasos que los operadores del proceso siguen durante el corte del material. Además, se registra en una base de datos la información generada. Con este sistema se puede conocer la cantidad de material utilizado en cada orden de corte, la cantidad de material restante en cada rollo para atender futuras órdenes de corte y la cantidad de material contenida en cada rollo.

En un trabajo relacionado en el área; Benavides y Álvarez-Ramírez (2004), describen el proceso de implementación de la metodología Seis Sigma y el uso del diseño de experimentos en el proceso de etiquetado de vestiduras automotrices. Cengiz y Babalik (2007), analizaron la comodidad térmica en distintos tipos de vestiduras de automóvil. Ekekwe et al. (2008), desarrollaron un circuito VLSI para medir la velocidad utilizando un codificador óptico. Los ambientes industriales requieren que las máquinas trabajen bajo ambientes de vibración, ruido y variación de temperatura. Alejandre y Artes (2007), evaluaron el desempeño de los codificadores ópticos bajo vibración y sus resultados experimentales reportan valores de error tan altos como tres veces la precisión del codificador. Alejandre y Artes (2004), reportan haber encontrado tres tipos de error en los codificadores lineales, errores de desplazamiento y deformación, errores de vibración y térmicos. Pereira et al. (2007), reportaron que los errores generados por los codificadores pueden ser compensados. Liu et al. (2004), reportaron los errores encontrados en la calibración de error con máquinas CNC. Ming et al. (2006), usaron un codificador para medir el periodo y ángulo del péndulo.

Este trabajo presenta el perfeccionamiento realizado al sistema de corte de vestiduras automotrices en una empresa ubicada en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. El problema radica en que los materiales utilizados para las vestiduras, en ocasiones, presentan defectos de fabricación y las áreas defectuosas no se utilizan en el proceso de producción; por otro lado, es posible que la longitud del material no corresponda con la especificada por el fabricante debido a las tolerancias manejadas. Considerando el conjunto de factores, tales como: los niveles diarios de producción, la cantidad de material defectuoso y el faltante en cada rollo de material; las pérdidas eran significativas para la empresa. En la actualidad este problema se atiende muestreando el 15% de los materiales consumidos en el área de corte, para lo cual se mide la cantidad total de material en cada rollo y se marcan las áreas defectuosas; de esta forma se puede estimar la cantidad faltante o defectuosa del lote. Cada rollo de material está etiquetado con un código de barras que contiene el identificador del rollo, su tamaño, cantidad y tipo de material (SESDI, 2007).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CORTE

Las vestiduras automotrices se pueden elaborar en una gran variedad de modelos, colores y materiales. La empresa recibe gran parte de su material en rollos de diferentes medidas, aproximadamente 1.39 - 1.55 m de ancho por 54.86 – 182.88 m de largo. En el área de corte se tienen las mesas de tendido en las cuales se colocan los dados, que son maderas que contienen los patrones de corte con navajas en el perímetro del patrón para cortar el material. Los dados son muy diversos, están clasificados según el diseño a producir y el tipo de material a utilizar. El material puede ser de diferentes tipos de telas, vinyl o piel y se clasifican según su textura, color y laminado (forro de material tipo esponja). Los dados cuentan con un código de barras, que sirve para la identificación del mismo y con una etiqueta técnica que contiene información básica. Al momento de tender la primera capa se corta el material con una navaja móvil que atraviesa el dado desde un extremo hasta el otro. El proceso de tendido se repite dependiendo de las capas especificadas en el requerimiento de corte, el número de capas puede variar entre 6 y 20 capas según el tipo de material utilizado.

Por razones de calidad, si el material tiene algún defecto de fábrica, se requiere eliminar el material defectuoso. El material defectuoso se corta con tijeras industriales, se reemplaza únicamente la parte

dañada y no representa otra capa, pero si es un consumo extra de material. Una vez cortadas las capas especificadas en el requerimiento de corte, el dado se envía a una prensa, cuya función es presionar el material contra las navajas del dado para obtener los patrones de las vestiduras que serán enviados al área de costura.

CAMBIOS EN EL SISTEMA DE CORTE

La mejora propuesta consiste en adaptar a la mesa de tendido un sistema automático de medición de material afectando lo menos posible el procedimiento de corte actual. Para la medición automática de material se instaló un medidor de material compuesto por un carrete y hardware para adaptarlo a la mesa de tendido. El carrete está compuesto por un codificador en cuadratura de eje dual, sobre el eje se adaptaron dos ruedas graduadas de 0.3048 m de perímetro exterior, el perímetro de las ruedas está graduado y a lo ancho está recubierto de un material que permite una ligera adherencia a textiles o vinyl, para que no resbale sobre el material. El carrete es de uso industrial especial para textiles y vinyl. Respetando el proceso de corte, también se instaló un sensor de presencia sobre la mesa de tendido para detectar que el dado esté colocado sobre la mesa de tendido. Para detectar el corte de una capa de material, se colocó un sensor láser en la parte superior de la mesa de tendido, justo al final del recorrido de la navaja, a la cual se le instaló un material reflejante para producir un pulso de 12V cada vez que la navaja llega al final de su recorrido. El proceso de medición es controlado por un microcontrolador PIC18F452; el cual, cada vez que se corta una capa, adquiere la información del carrete de medición, la transforma en metros y la envía por el puerto serie una computadora para ser almacenada en una base de datos. La computadora está conectada a un lector de código de barras para almacenar la información del dado y el rollo. El sistema se ilustra con el diagrama de bloques de la figura 1.

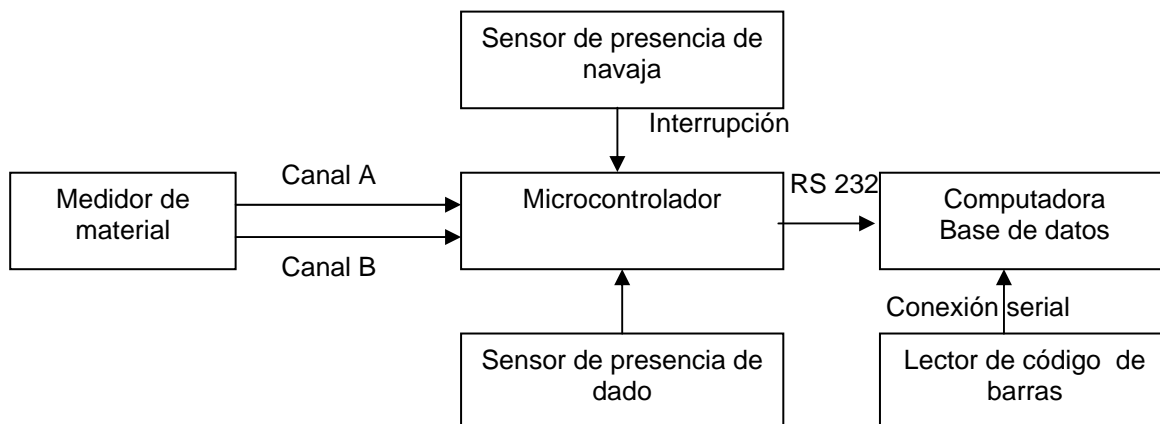


Fig. 1: Sistema automático de medición de material empleado en vestiduras automotrices

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

El funcionamiento del sistema inicia cuando el operador recibe un requerimiento de corte, coloca el dado y el rollo de material sobre la mesa de tendido. Posteriormente, lee el código de barras del dado y rollo utilizados, ésta información se registra en una base de datos. El medidor de material inicia el conteo cuando el operador arrastra el material y lo coloca sobre el dado. Utilizando una navaja corta la primera capa de material; el sensor de la navaja envía una señal de interrupción al microcontrolador indicándole que detenga el conteo del medidor de material para esa capa, el microcontrolador ejecuta un algoritmo para convertir los pulsos producidos por el codificador en metros, envía por el puerto serie la información a la computadora e inicializa el contador de material. Este proceso se repite según el número de capas a cortar. Al terminar de cortar las capas de material especificadas en el requerimiento de corte, la computadora registra el total de material utilizado, la cantidad de material que debió consumirse y la diferencia o excedente de material utilizado.

El carrito medidor de material está compuesto por un codificador en cuadratura de eje dual que proporciona 600 pulsos por revolución, dos ruedas con diámetro de 0.3048 m que se montan sobre los ejes del codificador y el hardware para adaptarlo a la mesa de tendido. El medidor de material proporciona 600 pulsos por cada 0.3048 m de material desplazado bajo las ruedas, es decir, 50 pulsos por 0.0254 m. La resolución del sistema de medición es 0.000508 m, equivalente a un pulso.

El codificador tiene dos señales en cuadratura A y B desfasadas ± 90 grados dependiendo del sentido de rotación del eje. Se implementó un algoritmo en el microcontrolador que identifica la secuencia de las señales de cuadratura A y B para determinar el sentido de giro del mismo. Cada periodo las señales A y B producen un código *gray* 0, 1, 3, 2 para el giro hacia la derecha del eje del codificador y 0, 2, 3, 1 para el giro hacia la izquierda, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Tabla de estados por ciclo de los canales A y B del codificador

Sentido	Señales AB	Señales AB	Señales AB	Señales AB
Derecha	00	01	11	10
Izquierda	00	10	11	01

Al identificar el sentido del giro de las ruedas del encoder, el microcontrolador incrementa o decrementa la cuenta de pulsos. Cada estado se identifica en el microcontrolador y se realizan las siguientes operaciones para identificar el sentido de giro del codificador: se captura o identifica un estado y se realiza la operación XOR entre el número actual y el número anterior para saber si el número actual cambió, si no hay cambio el resultado de esa operación será 0. Se realiza una operación AND para comprobar que el resultado de la operación XOR fue cero, en el caso de que sea igual a cero se actualiza el valor anterior con el valor actual y se vuelven a realizar las operaciones anteriores.

Cuando existe un cambio, el resultado de la operación XOR es 1 y se realizan operaciones para conocer la dirección de rotación del codificador. El primer paso es hacer un corrimiento de bits a la derecha al valor anterior obtenido del codificador. Posteriormente, se realiza una operación XOR entre el valor actual y el valor anterior (con el corrimiento de bits), el resultado del bit menos significativo de la operación XOR indicará el sentido de giro del codificador. Si el bit menos significativo es 0, el eje del codificador gira conforme a las manecillas del reloj y se debe incrementar la cuenta, si es 1 hará lo contrario. Debido a que la lectura de los canales A y B del codificador producen cuatro estados diferentes en cada ciclo, la cuenta debe incrementarse sólo una vez por ciclo.

Cada vez que se corta con la navaja una capa de material se genera una interrupción que ejecuta la rutina que convierte los pulsos contados en metros usando un formato de tres enteros y dos decimales de acuerdo a las ecuaciones (1) y (2). La razón de multiplicar por 2 es porque dividir entre 50 es lo mismo que multiplicar por 0.02, pero para tener el resultado en valores enteros y no decimales se multiplica por 2 como se muestra en la ecuación (2).

$$\text{Metros_enteros} = \text{pulsos}/(50*39.37) \quad (1)$$

$$\text{Metros_decimal} = ((\text{pulsos} \% 50)*2)/39.37 \quad (2)$$

La información se envía a la computadora por el puerto serie del microcontrolador. Para transmitir los datos únicamente se puede transmitir un dígito a la vez y se envían en código ASCII, así que se separan los dígitos en una variable diferente y se convierten a ASCII antes de enviarlos. La velocidad de transmisión es 9600 baudios, se utilizó la configuración half duplex para la conexión física.

El sistema de medición y el microcontrolador están energizados todo el tiempo. Sin embargo, el microcontrolador se programó para trabajar en estado de bajo consumo de potencia. Cuando existe una variación en las señales A y B producidas por el codificador el microcontrolador sale del estado

de bajo consumo de potencia y efectúa su operación normal. Si después de un tiempo no detecta cambio en las entradas A y B conectadas en RB4 y RB5 entra en estado de bajo consumo de potencia sin perder información de la cuenta de material. Otra función implementada en el microcontrolador es la activación de un temporizador centinela para evitar que se pierda información, el centinela detecta si el sistema está ciclado y reinicia el microcontrolador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta una selección de los resultados obtenidos en este trabajo. Las pruebas de exactitud de recorrido de material contra la lectura arrojada por el sistema se muestran en la figura 2 que grafica la cantidad de material medido con respecto al desplazamiento en vueltas del carrete de medición. Cada vuelta del carrete debe dar un desplazamiento de 0.3048 m, la prueba se efectuó en forma manual, lo más exacto posible. El sistema automático de medición es lineal y tiene un coeficiente de regresión de aproximadamente 1 y una variación de 0.001016 m en promedio. Durante las pruebas de exactitud del carrete se probó que las vueltas del carrete fueran en ambos sentidos y que el sistema descontara las vueltas en sentido contrario por ejemplo: Un giro de 5 vueltas adelante y 2 vueltas en reverso mide 0.9136 m equivalente a 3 vueltas.

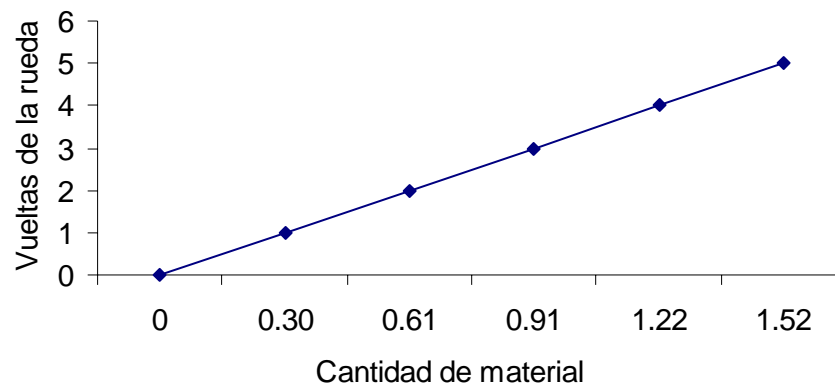


Fig. 2: Medición de exactitud en la medida de material

Las pruebas realizadas en la mesa de tendido piloto arrojan una exactitud del sistema del 99.90%. La tabla 2 muestra algunas mediciones realizadas utilizando el dado 733 cuya longitud es de 0.9631 m y los rollos S103850808 y S103853285. Para las pruebas se tendieron varias capas de material, se realizó la medición automática con el sistema implementado y la medición manual utilizando una cinta métrica flexible. Las pruebas se hicieron considerando que se tenían defectos en el material y se realizaron traslapes en al menos una capa. La columna diferencia muestra la cantidad de material utilizado en los traslapes. La columna consumo ideal hace referencia a la cantidad de material que debería utilizarse basado en lo largo del dado y el número de capas. La columna consumo muestra la cantidad de material utilizado en total. Las diferencias entre la medición manual y automática se atribuyen al uso de un flexómetro metálico que tiende a curvarse en distancias grandes.

Tabla 2: Pruebas de medición automática de material en la mesa piloto

Rollo	Consumo Ideal	Medición automática		Medición manual	
		Consumo	Diferencia	Consumo	Diferencia
S103850808	2.8895	3.0657	0.1823	3.0683	0.1854
S103850808	1.9263	2.0645	0.1381	2.0764	0.1485
S103850808	2.8895	3.0632	0.1737	3.0637	0.1742
S103853285	1.9263	2.0690	0.1427	2.0695	0.1422

El sistema automático de medición tiene la capacidad de medir hasta 25.37 m por capa. Actualmente, el tamaño de los dado oscila entre 0.3302 m y 5.58 m dependiendo del modelo de vestidura; por lo tanto, el sistema tiene la capacidad de realizar dicha medición y está preparado para leer nuevos modelos de dados con longitudes mayores a 5.58 m y que resulten manejables en el

área de producción. La implementación del sistema de medición en la mesa de tendido funcionó adecuadamente, se obtuvo una diferencia de 0.15% entre la medición manual y la automática.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados, se pueden obtener las siguientes conclusiones: El sistema de medición automático para el consumo de material utilizado en vestiduras automotrices mide con mayor exactitud el material utilizado en cada corte. El sistema registra la siguiente información en cada corte: la cantidad de material utilizada, el excedente de material utilizado, la cantidad de material restante en el rollo, la cantidad de material que debió consumirse de acuerdo al dado utilizado y el número de capas de material a cortar especificadas en el requerimiento de corte. La implementación del sistema de medición en la mesa de tendido funcionó adecuadamente, se obtuvo una diferencia de 0.15% entre la medición manual y la automática. El carrete de medición de material mostró buena adherencia a los textiles y vinyl por ser de aplicación industrial y uso especial para textiles. La implementación del sistema no obstruye el área operativa del personal, permite la visibilidad y respeta los pasos que los operadores siguen en el proceso de corte de las vestiduras automotrices. El sistema de medición automático para el consumo de material utilizado en vestiduras automotrices mide con mayor exactitud el material utilizado y disminuye sustancialmente el material de desperdicio.

REFERENCIAS

Alejandro I. y M. Artes; Machine tool errors caused by optical linear encoders, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: 218 (1), 113-122 (2004).

Alejandro I. y M. Artés; *Method for the evaluation of optical encoders performance under vibration*, Precision Engineering: 31, 114–121 (2007).

Benavides E. y J. Álvarez-Ramírez; *Six sigma y Diseño de Experimentos, Estrategias que Funcionan en Empresa Maquiladora Mexicana*, Second World Conference on POM and 15th annual POM Conference, Cancún, México, (2004).

Cengiz T.G. y F.C. Babalik; *An on-the-road experiment into the thermal comfort of car seats*, Applied Ergonomics: 38 (3), 337-347 (2007).

Ekekwe N., R. Etienne-Cummings y P. Kazanzides; *A wide speed range and high precision position and velocity measurements chip with serial peripheral interface*, Integration, the VLSI Journal: 41(2), 297-305 (2008).

Liu C.-H., W.-Y. Jywe y T.-H. Hsu; *The application of the double-readheads planar encoder system for error calibration of computer numerical control machine tools*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: 218 (9), 1077-1089 (2004).

Ming Wen y otros cuatro autores; *Experimental and Numerical Investigation of Effects of Laser Pulse Waveform on Lightcraft Performance*, AIP Conference Proceedings: 830 (1), 628-636 (2006).

Pereira J.M., O. Postolache y P. Girão; *Wavelet techniques: A suitable tool to characterize and optimize encoders' based systems*, Measurement: 40, 264–271 (2007).

SESDI, Código de barras, www.sesdi.com/cb/quees.htm, Acceso: 20 de Enero 2007.