

DIFUSIÓN CIENTÍFICA

Ciencias Sociales y Humanas,
Ingeniería, Ciencia, Tecnología
e Innovación

Optimización del proceso de extrusión en la fabricación de cables de cobre

Julián Ramírez Gonzalez¹, Raúl Pérez-Bustamante²

j.ramgon@hotmail.com

¹ Centro de Tecnología Avanzada, A.C. Circuito de la Industria Poniente No. 11 Lote 11 Mz 3, Parque Industrial Exhacienda, 52004 Lerma de Villada, México

² CONACYT-Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, Eje 126 225, Industrial San Luis, 78395 San Luis, S.L.P. México

Resumen

En la fabricación de un producto, se generan desperdicios y mermas que son inherentes al proceso productivo. Estos pueden ser de las materias primas, mano de obra o energéticos. La fabricación de los cables de cobre, involucra operaciones ligadas al hombre y máquina relacionadas con procesos de estirado, cableado, extrusión, corte y empaque. El cable extruido es protegido por un recubrimiento polimérico aislante. Sin embargo, este proceso implica la generación de material excedente y no aprovechable, clasificado como desperdicio. La optimización de ese proceso de fabricación, implica identificar el origen del desperdicio, tipificarlo y analizar las causas de este problema con el objetivo de implantar soluciones que resulten en un mejor aprovechamiento de la materia prima. Por este motivo, la presente investigación aborda la implementación de una metodología para la optimización del proceso de extrusión de cables de cobre, enfocada hacia la identificación y solución de problemas que originan materia prima no aprovechada.

Palabras clave: rendimiento, desperdicio, disminución, mejora.

Abstract

In the manufacture of a product, wastes and losses are generated as inherent to the production process. These can be in raw materials, manpower or energy. The manufacture of copper cables involves man-machine operations related to drawing, wiring, extrusion, cutting and packaging processes. The extruded cable is covered by an insulating polymeric coating. However, this process involves the generation of surplus and unusable material, classified as waste. The optimization of this manufacturing process implies identifying the origin of the waste, classifying it and analyzing the causes of this problem in order to implant solutions that result in a better use of the raw material. For this reason, this research addresses the implementation of a methodology for the optimization of the copper cable extrusion process, focused on the identification and solution of problems that originate unused raw material.

Keywords: Performance, waste, decrement, improvement.

Artículo arbitrado

Recibido:
15 de marzo de 2021

Aceptado:
4 de abril de 2021

Introducción

La fabricación de cables de cobre involucra varias operaciones que van ligadas a hombre-máquina. Estos procesos son estirado, cableado, forrado (extrusión), corte y empaque. Los cables de cobre de baja tensión están constituidos por el material conductor y el aislante (Pena et al., 2020; Segalina & De Chiffre, 2017). El cable de cobre se lleva a la línea de extrusión para la aplicación del polímero aislante que funge como aislamiento, para posteriormente ser cortado y empaquetado.

Como parte de los indicadores de producción del proceso de extrusión de cables de cobre, para los de desperdicio se establecen por área que diariamente cuantifica y compara los índices de producción con el propósito de minimizar el porcentaje de material no aprovechable (Purushothaman et al., 2020; Tayal & Singh Kalsi, 2020). Las actividades anteriores se enfocan en identificar los paros de máquina y la calidad de los productos, como potencial problema en la producción desperdicio de material. Cada paro de línea representa un arranque con material fuera de especificación hasta tener estabilizado el proceso (Pinto et al., 2018).

Es importante resaltar que, en la manufactura de cables de cobre, se involucra la medición correcta de la cantidad de desperdicio en las áreas, extrusión-corte y empaque, donde pueden tipificarse los defectos correspondientes en el proceso de producción hasta llegar a una definición exacta del origen de los mismos (Arroyo et al., 2021; Greinacher et al., 2020; Segalina & De Chiffre, 2017). Como auxiliar en el proceso de tipificación de problemas, es necesario contar con metodologías apoyadas por análisis estadísticos que permitan monitorear el aprovechamiento de materia prima en las diferentes etapas que componen el proceso de producción de cables de cobre, de tal manera que permitan estandarizar los procesos a los niveles y resultados esperados por la compañía (Monteiro et al., 2019; Tayal & Singh Kalsi, 2020).

Por lo anterior, la presente investigación desarrolla una metodología para la mejora en el aprovechamiento de materia prima de un proceso de extrusión industrial de cables de cobre, identificando como puntos de estudio los procesos de extrusión, corte y recubrimiento de cable de cobre y con el propósito de minimizar problemas relacionados con la calidad del producto.

Método

La cuantificación de la materia prima no aprovechada se llevó a cabo en las áreas de extrusión de corte y empaque. Se diseñó un formato para obtener datos de los defectos, cantidades y origen de los mismos. Se clasificaron los tipos de defectos correspondientes a cada uno de los productos catalogados como de no-conformidad y que se describen a continuación.

Control del grado de aislamiento eléctrico. Los probadores de chispa de alto voltaje están diseñados para comprobar la calidad de la capa protectora aislante que se le aplica al conductor desnudo en el área de forrado mediante la extrusión del polímero. El conductor eléctrico ya forrado se hace pasar a través de perlas de latón que transportan un alto voltaje. Si se detecta algún orificio, poro o defecto en el aislante, se produce una chispa y un contador electromagnético cuenta el fallo y manda una señal a la cortadora para extraerlo de la línea de empaque. Los resultados de los diagramas indican que el primer problema que genera un alto porcentaje de desperdicio en el área de corte y empaque está relacionado con los probadores de chispa.

Control de daños superficiales. La bobina interna, sobre la cual se enrolla el alambre con el recubrimiento de PVC, debe de estar libre de deformaciones o imperfecciones. De lo contrario el alambre de cobre sobre el que se ha aplicado un recubrimiento de PVC, de llegar a presentar una temperatura superior a la del medio ambiente, adoptará los defectos de la bobina interna sobre la cual se enrolla el cable.

Control en la homogeneidad de la pigmentación del recubrimiento polimérico. Las extrusoras se encargan de recubrir el conductor eléctrico desnudo con solo PVC sin color, y las coextrusoras pigmentan recubrimiento polimérico de PVC por medio de una fina capa del recubrimiento aislante para darle así el color deseado.

Efecto de paros en la producción sobre la morfología del material polimérico. El paro intermitente en las líneas de producción conlleva que secciones de cables de cobre sean expuestas a altas temperaturas. Con lo anterior, se ocasiona una degradación del material polimérico, expuesto a tales condiciones ambientales, mediante la formación de zonas de masa concentradas a lo largo de la sección en cuestión.

Grado de legibilidad en la designación de los cables de cobre. Esta acción deriva de la observación del proceso, y que de igual forma aun cuando no representa un elevado porcentaje de contribución en desperdicio, existe una leyenda ilegible sobre el recubrimiento polimérico ocasionada por el exceso de agua a la salida de la tina de enfriamiento, antes de la entrada al grabador de tinta.

Una vez realizada la recolección de información, se concentraron en una base de datos con los valores de día a día, reportados por los operadores de producción en las dos áreas del proceso. El uso de una metodología estandarizada, con base en la clasificación del método de 5M de análisis de fallas, permitió definir las posibles causas raíz de los defectos mostrados anteriormente. Como contramedidas para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de materia prima, se propusieron acciones concretas a implementar, que ayuden a la disminución del desperdicio generado. El estudio se enfocó, por lo tanto, en áreas estratégicas que involucran los procesos anteriores y que, para este caso, están relacionadas en la calidad del grado de aislamiento eléctrico, daños superficiales sobre el cable y el aislamiento, homogeneidad en la pigmentación del recubrimiento polimérico, la

uniformidad en la morfología del recubrimiento y legibilidad en la designación escrita sobre el mismo.

Resultados y discusión

Como resultado de la implementación de herramientas basadas en manufactura esbelta, que se enfoca en minimizar desperdicios, se han optimizando los recursos disponibles con el propósito de crear productos con un valor agregado para el cliente (Tayal & Singh Kalsi, 2020; Yin et al., 2020). Los defectos en la materia se disminuyeron al hacer mejoras en los probadores de chispa, la reparación de las bobinas de recibo del área de recubrimiento o forrado, mejora de las condiciones de las coextrusoras, diseño de un porta-guías, hasta la colocación de sopladores de aire en las líneas de enfriamiento, como se describe a continuación.

En relación con los probadores de chispa se realizó un correcto mantenimiento mismos ubicados en las maquinas cortadoras del área de corte y empaque. Adicionalmente, se implementó una rutina de verificación y limpieza del mismo, para que el operador la realizara con una frecuencia establecida. Como contramedida a la solución del problema en las bobinas, se colocaron recubrimientos plásticos de alta resistencia sobre la bobina de cobre existentes, para posteriormente implementar un programa mantenimiento para su remanufactura. Para corregir el defecto en la pigmentación del cable, se realizó una modificación en el diseño del herramental, encargado de producir recubrimientos plásticos sobre los cables de cobre, con uniformidad en colores y tonos. Esta acción estuvo encaminada a disminuir el desperdicio de materia prima derivado del cambio de color solicitado en aplicaciones específicas. Para tal propósito, se rehabilitó y reajusto el acoplamiento de la coextrusora con la principal, tanto tuerca como pistón. En el cabezal, se colocó una pieza modificada, que permite una adecuada y homogénea distribución del flujo de aislamiento plástico, cubriendo así completamente al conductor evitando el defecto “bicolor”. Respecto a la eliminación de concentraciones de masa de material polimérico, se

diseño y fabricó de un portaguías, que permite realizar el cambio de herramental (guía) en menor tiempo y, con ello, incrementar eficiencia de máquina y disminuir la presencia de estas concentraciones de masa o grumos. Por último, el grado de legibilidad de las especificaciones grabadas sobre el recubrimiento plástico fue solucionado mediante la alineación de tinas, reposición de cerámicas guías, reposición de aspersores de agua. Y finalmente, la colocación previa diseño y fabricación interna, de sopladores de aire de alta eficiencia, para la eliminación del agua remanente a la salida de la línea.

Después de realizadas las acciones propuestas, se continuó con la evaluación del desperdicio mediante la misma metodología de recolección de datos. El uso de metodologías y herramientas estadísticas de calidad de manera sistemática en el piso permite, realizar una evaluación más confiable de los datos y resultados obtenidos (Purushothaman et al., 2020). Los índices de desperdicio registrados, posterior a las acciones implementadas son menores, como se puede observar en la Figura 1a y b, que muestran la cantidad en metros de cable de desperdicio asociados a los diferentes tipos de defectos de calidad expuestos anteriormente. Se muestra resultados de dos meses, tomando como referencia inicial, los resultados del último mes de producción, anterior a la aplicación de las contramedidas antes mencionadas y posterior a su implementación para los dos meses siguientes.

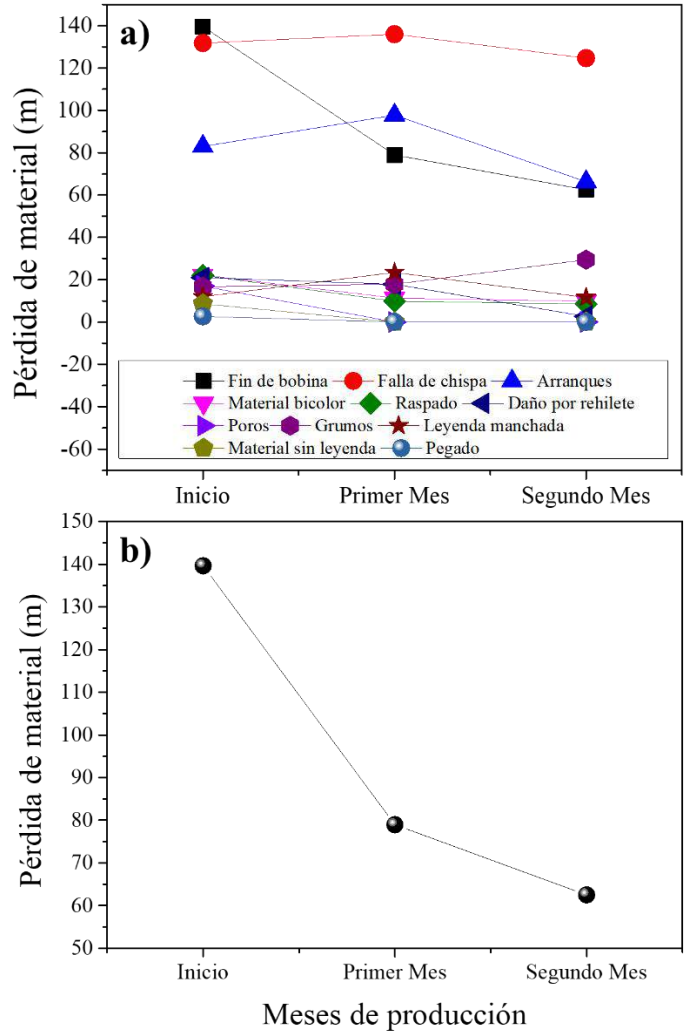


Figura 1. Resultados del proceso de producción
Fuente: elaboración propia

La Figura 1a muestra el efecto de las medidas correctivas en el proceso de producción en relación a cada uno de los defectos anteriormente planteados. De manera complementaria, la Figura 1b muestra el resultado global por mes, donde se demuestra una reducción en la cantidad de material no aprovechado de 86.4 m, mientras que el seguimiento a las mejoras en el proceso para el segundo mes mostró un nuevo aprovechamiento de 77.4 m, en relación al mes anterior. La suma de esfuerzos en áreas localizadas o etapas del proceso de producción de cables de cobre, se ve reflejada en una tendencia hacia la reducción de materia prima más allá del tiempo de estudio que se contempla en esta investigación, e indican una

mejora la calidad del producto entregado al cliente, reducción de costos de producción y una consecuente mejora en la productividad.

Los resultados obtenidos indican que en la aplicación de metodologías y procesos de mejora continua es necesario una estandarización de procesos que conlleve a una disminución en el porcentaje de desperdicio y un inherente beneficio económico para la empresa y el cliente (Adrian et al., 2020; Arroyo et al., 2021). Las mejoras constantes y su seguimiento a lo largo de un periodo de tiempo proveen de una evaluación más confiable de los datos y resultados obtenidos. Las mejoras realizadas en los herramientas de extrusión, equipo de fabricación y métodos de trabajo permiten estandarizar los procesos y lograr con ello elevar la productividad de una empresa de este giro.

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación muestran las acciones de mejora llevadas a cabo en una empresa manufacturera de cables de cobre por medio de procesos de extrusión, así como la mejora del proceso a través de la disminución del desperdicio. La optimización del proceso se logra con la mejora en las prácticas productivas, en el equipo de fabricación y en los herramientas usados. La implementación de sistemas de control, metodologías de análisis y las mejoras, indican que su alcance puede extenderse a empresas manufactureras de menor tamaño; con lo anterior se permite, en primera instancia, analizar de manera sistemática su condición actual al garantizar la toma de decisiones apropiadas, al establecer contramedidas efectivas a la solución de problemas puntuales que resulten en beneficios económicos y competitivos.

La disminución de los desperdicios y energéticos, como resultado de la implementación de mejoras y optimización de los procesos, trae como consecuencia una aportación directa a la mejora del medio ambiente. El incrementar la calidad de producto y mejora en los tiempos de producción,

permite el cumplimiento a los requerimientos de los clientes, generando con ello más oportunidades de negocio y fuentes de trabajo para las comunidades locales.

Referencias

- Adrian, B., Hinrichsen, S., Nikolenko, A. & Meyer, F. (2020, 2020//). *How to Combine Lean, Human Factors and Digital Manufacturing – A Teaching Concept*. Paper presented at the Advances in Human Factors and Systems Interaction, Cham.
- Arroyo-Andrade, F., Coral-Rodriguez, P., Cabel-Pozo, J., & Alvarez, J. (2021, 2021//). *Improvement of the Polymer Insulation Production Process Using Lean Manufacturing Tools and Plant Layout Design*. Paper presented at the Human Interaction, Emerging Technologies and Future Applications III, Cham.
- Greinacher, S., Overbeck, L., Kuhnle, A., Krahe, C. & Lanza, G. (2020). Multi-objective optimization of lean and resource efficient manufacturing systems. *Production Engineering*, 14(2), 165-176. doi:10.1007/s11740-019-00945-9
- Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Silva, F. J. G. & Amaral, I. (2019). Improving the Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes. *Procedia Manufacturing*, 38, 1713-1722. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.106>
- Pena, R., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Fernandes, N. O. & Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. *Procedia Manufacturing*, 51, 1387-1394. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.193>
- Pinto, J. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G. & Govindan, K. (2018). Lean Manufacturing Tools. In J. L. Q. Pinto, J. C. O. Matias, C. Pimentel, S. G. Azevedo & K. Govindan (Eds.), *Just in Time Factory: Implementation Through Lean Manufacturing Tools* (pp. 39-112). Cham: Springer International Publishing.
- Purushothaman, M., Seadon, J. & Moore, D. (2020). Waste reduction using lean tools in a multicultural environment. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121681. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121681>
- Segalina, F. & De Chiffre, L. (2017). Material Testing of Copper by Extrusion-cutting. *Procedia CIRP*, 58, 375-380. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.240>
- Tayal, A. & Singh Kalsi, N. (2020). Review on effectiveness improvement by application of the

lean tool in an industry. *Materials Today: Proceedings*.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.431>

Yin, X., Niu, Z., He, Z., Li, Z. & Lee, D. (2020). An integrated computational intelligence technique based operating parameters optimization scheme for quality improvement oriented process-manufacturing system. *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106284.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106284>