

Título

***Extrusora Destinada a la Aplicación de Recubrimiento
Doble sobre Núcleo Metálico para la Fabricación
Experimental de Electrodos de Soldadura***

Estudiante: Antonio del Río Recalde

Tutores: Dr. Carlos René Gómez Pérez.
MSc. Odonel González Cabrera.

Curso: 2010-2011

ÍNDICE

Resumen:	3
Introducción:.....	4
Capítulo I: Tipos de extrusoras. Ventajas y desventajas.	8
1.1. Clasificación del proceso de extrusión	8
1.2. Análisis de distintos tipos de extrusoras.	9
1.3. Conclusiones parciales.....	21
Capítulo 2: Diseño de extrusora para el doble recubrimiento de electrodos.	22
2.1. Esquema de la extrusora. Principio de funcionamiento y análisis cinemático de la extrusora.	23
2.2. Selección de materiales.....	25
2.3. Documentación técnica.....	26
2.4. Conclusiones parciales:.....	28
Capítulo 3: Construcción de extrusora para el doble recubrimiento de electrodos.	29
3.1. Piezas y componentes fundamentales.....	29
3.2. Requisitos de explotación.	31
3.3. Normas de seguridad, protección e higiene del trabajo	31
3.4. Criterios económicos	32
3.5. Conclusiones parciales:.....	33
Conclusiones Generales.....	34
Recomendaciones	35
Referencias:	36
Anexos:	37

Resumen:

El proceso de extrusión es el más empleado en la elaboración de electrodos, el cual consiste en la adherencia de la masa del recubrimiento por presión y el aglutinante. Convencionalmente este procedimiento se emplea en una única capa durante la fabricación de electrodos para aplicaciones especiales. Los electrodos, que aportan una combinación de elementos para formar aleaciones, habitualmente se fabrican con una única capa. Para mejorar su rendimiento se ha valorado su fabricación a partir de la conformación de recubrimientos dobles, donde están separados la carga de aleación y el recubrimiento convencional. En el diseño de extrusoras dobles para estos fines debe considerarse la coaxialidad entre los recubrimientos, la no deformación de los mismos durante su aplicación, así como la resistencia a la abrasión, necesarias para garantizar los requisitos de forma y tolerancias de posición requeridos. El objetivo del presente trabajo es el diseño y fabricación de una extrusora para la elaboración experimental de electrodos para soldadura manual.

Abstract:

The extrusion process is the most used in the preparation of electrodes, which is the adhesion of the coating mass pressure and binder. Conventionally, this procedure is used in a single layer during manufacture of electrodes for special applications. The electrodes, which provide a combination of elements to form alloys, often made of a single layer. To improve performance has been evaluated its production from the formation of double coatings, which are separated from the burden of conventional alloys and coating. In the design of twin extruders for these purposes should be considered the coaxial between the coatings, no deformation of them during its implementation, as well as resistance to abrasion, to ensure

the requirements of form and position tolerances required. The aim of this work is the proposal selection of an extruder for coating electrode double beds for special purposes.

Introducción:

El proceso de extrusión es un proceso relativamente nuevo, sobre todo en cuanto a la fabricación de piezas metálicas, teniendo su origen en la obtención de tubos de plomo para la conducción de agua y gas [14]. Este proceso fue perfeccionado ya bien entrado el siglo XX y todavía en la actualidad se siguen desarrollando nuevos métodos. En nuestros días, es posible la extrusión con éxito de los siguientes metales y sus aleaciones: aluminio, cobre, plomo y acero. Pero no solo en metales es un proceso eficaz; se utiliza, además, en el conformado de materiales, tales como plásticos, vidrios y compuestos cerámicos. También, se utiliza en la industria alimenticia para la elaboración de comestibles y el procesamiento de materias primas.

En este proceso el material se fuerza a pasar a través de un troquel con un perfil de salida con las dimensiones deseadas. La extrusión puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío, pero predominantemente se realiza en caliente. La única excepción a lo anteriormente planteado lo constituye la extrusión por impacto, en la cual el aluminio o trozos de plomo son extruidos por un rápido golpe para obtener productos, como los tubos de pasta de dientes. Las tres ventajas principales de éste, por encima de otros procesos de manufactura, lo constituyen: 1. la habilidad para crear secciones transversales complejas, ya que con otros métodos sería imposible obtenerlas sin recurrir al ensamble de varias piezas; 2. el trabajo con materiales que resultan quebradizos, porque el material solamente se trabaja con fuerzas de compresión y de cizallamiento; 3. proporciona un excelente acabado superficial a las piezas obtenidas. Muchas de las piezas de cerámica se realizan mediante extrusión, porque este proceso permite una producción de forma continua y eficiente. Una de las aplicaciones específicas de este proceso lo constituyen las extrusoras para el recubrimiento de electrodos para procesos de soldadura manual. Mediante este procedimiento se garantizan las concentricidades, entre la capa exterior del recubrimiento y la de su núcleo.

Sin embargo, hasta los días de hoy no se conoce la existencia de ninguna extrusora portátil capaz de aplicar capas de recubrimiento de diferente diámetro para la elaboración de electrodos de soldadura. Esta posibilidad permitiría aportar dos capas, que pueden mejorar las condiciones operativas del electrodo y aumentan la eficiencia de transferencia de elementos de aleación.

Problema

No se cuenta con un diseño preliminar, ni con una tecnología asociada, para construir una extrusora portátil destinada a la aplicación de recubrimientos dobles sobre un mismo núcleo metálico, que permita la fabricación experimental de electrodos con doble capa, empleados en el proceso de soldadura manual con electrodo revestido.

Pregunta de Investigación

¿Es posible diseñar una extrusora experimental y portátil, aplicable al recubrimiento de electrodos bicapa, destinados al proceso de soldadura manual, tal que distribuya los recubrimientos de forma inmisible y colineal, mediante un alimentador por presión?

Hipótesis

Un sistema de extrusión manual con trefiles recambiables para la aplicación de recubrimientos bicapas, inmiscibles y colineales, aplicables sobre alambres macizos, permite obtener electrodos experimentales doblemente recubiertos, con potencialidades de ser evaluados operativa y económicamente para su aplicación en el proceso SMAW.

Novedad

Sistema de extrusión portátil con trefiles recambiables y alimentador por presión, aplicable al recubrimiento bicapa, inmisible y colineal sobre alambres macizos, destinado a la fabricación experimental de electrodos doblemente recubiertos para proceso SMAW.

Objetivo General

Diseñar y construir un sistema portátil de extrusión con trefiles recambiables y alimentador por presión, aplicable al recubrimiento bicapa, inmiscible y colineal sobre alambres macizos, tal que su producto final permita ser evaluado como una variante de electrodo experimental doblemente recubierto.

Objetivos Específicos

1. Determinar las características esenciales de extrusoras para recubrimientos doble y su perspectiva para ser aplicados en la fabricación experimental de electrodos bicapa para proceso de soldadura manual con electrodo revestido.
2. Diseñar un prototipo de extrusora experimental con trefiles recambiables para aplicaciones de recubrimientos dobles e inmiscibles sobre almas de electrodos para proceso de soldadura manual con electrodo revestido.
3. Construir un prototipo de extrusora portátil con trefiles recambiables y alimentador por presión, aplicable al recubrimiento bicapa, inmiscible y colineal sobre alambres macizos, tal que su producto final permita ser evaluado como una variante de electrodo experimental doblemente recubierto.
4. Evaluar económicamente el prototipo de extrusora experimental diseñada y construida.

Tareas

1. Análisis de las características y principio de funcionamiento de extrusoras.
2. Análisis de alternativas, que pueden ser utilizadas para el diseño de un prototipo de extrusora portátil para recubrimiento doble e inmiscible de electrodos para proceso de soldadura manual con electrodo revestido.
3. Diseño de un prototipo de extrusora portátil con trefiles recambiables para recubrimiento doble e inmiscible de electrodos para proceso de soldadura manual con electrodo revestido.
4. Construcción de un prototipo de extrusora portátil con trefiles recambiables y

alimentador por presión aplicable al recubrimiento bicapa, inmisible y colineal sobre alambres macizos.

5. Evaluación económica de la variante de extrusora portátil, aplicable al recubrimiento bicapa, inmisible y colineal sobre alambres macizos.

Aportes del trabajo:

1. Documentación técnica de una extrusora portátil con trefiles recambiables para recubrimiento doble e inmisible de electrodos para proceso de soldadura manual.
2. Extrusora portátil con trefiles recambiables para recubrimiento doble e inmisible de electrodos para proceso de soldadura manual con electrodo revestido.

Capítulo I: Tipos de extrusoras. Ventajas y desventajas.

1.1. Clasificación del proceso de extrusión

La extrusión, como proceso se puede clasificar en extrusión directa e indirecta [1]. El proceso de extrusión directa ocurre cuando el émbolo se encuentra sobre el lingote en el lado opuesto al dado y el producto es empujado hacia el dado por el movimiento del émbolo de extrusión (Figura 1, a), mientras la extrusión indirecta (Figura 1, b) ocurre cuando el dado y el émbolo están del mismo lado del lingote y el dado es forzado dentro del lingote, por el movimiento del émbolo.

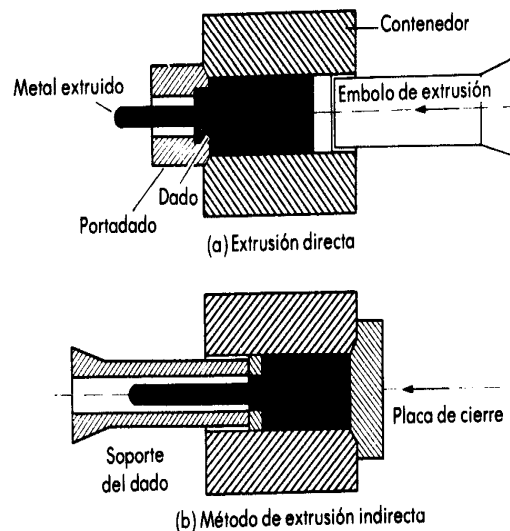


Figura 1: Métodos directo e indirecto de extrusión

En la bibliografía consultada [1-15] se pueden apreciar distintos tipos de extrusoras, las cuales pudieran clasificarse (Figura 2), de acuerdo a su uso, su diseño y a su sistema de alimentación, interesando para el desarrollo del presente trabajo la clasificación relativa a su uso.

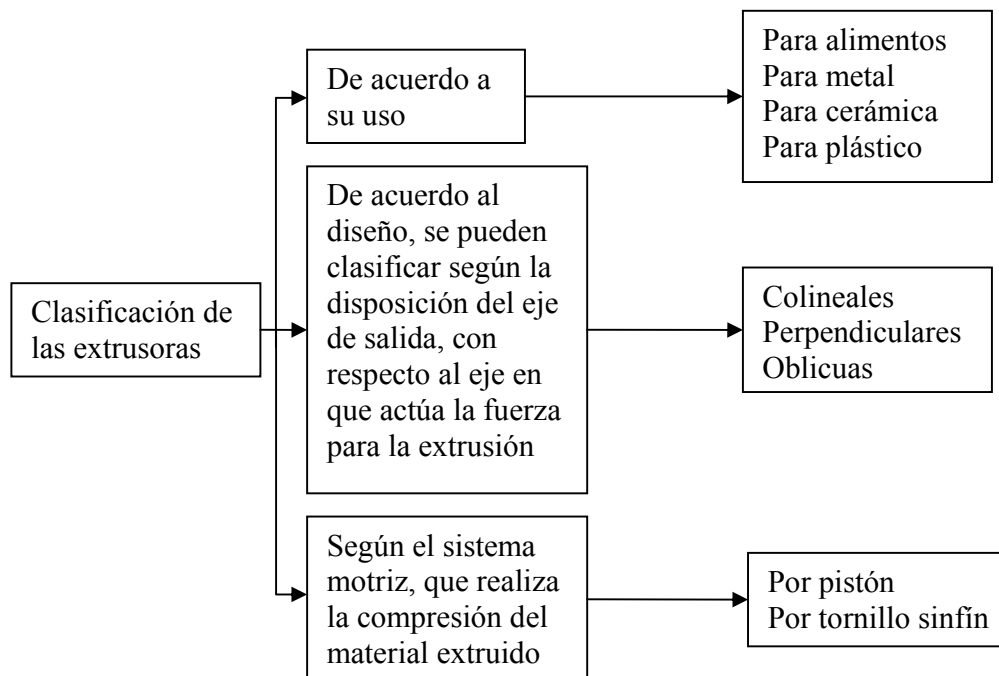


Figura 2: Clasificación de las extrusoras.

1.2. *Análisis de distintos tipos de extrusoras.*

La extrusora (Figura 3) se emplea para producir por extrusión una doble capa de plástico tubular que no posea desviaciones en su espesor (JP2009255393). Para ello, la extrusora está compuesta de un cilindro de extrusión (6) y dos tornillos sinfín, uno (4) por dentro del otro (3) formando los dos canales por los que se comprime el plástico para su posterior extrusión. Los plásticos que se emplean son derretidos para proporcionarles una fluidez adecuada para el proceso antes de ser suministrados a los tornillos, que se encargan de comprimirlos.

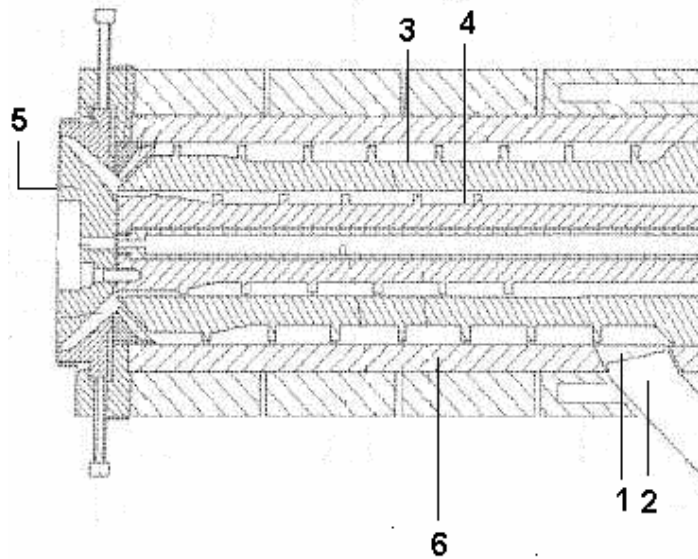


Figura 3: Extrusora doble para plástico tubular.

Esta extrusora logra producir una doble capa de material tubular sin causar la desviación del espesor, o sea que este sea uniforme a lo largo de toda la superficie. Sin embargo, posee como desventaja que el material de trabajo de este equipo es plástico caliente el cual bajo estas condiciones posee cierta fluidez y es menos abrasivo que los materiales utilizados en el recubrimiento del electrodo, que son granulados y ejercen un efecto de abrasión considerablemente mayor.

La extrusora de la patente US5160684 (A), (Figura 4) se emplea en la conformación de materiales cerámicos con múltiples capas de materiales orgánicos estructurales, por extrusión a través de un dado. El material (1) es forzado por el pistón de empuje (P_1) y el material (2) por el pistón (P_2) de manera que ambos materiales son forzados a pasar por la boquilla que está en el cabezal de salida que posee la forma que se desea obtener. El espesor de las capas se controla mediante el ajuste de presiones de la extrusión.

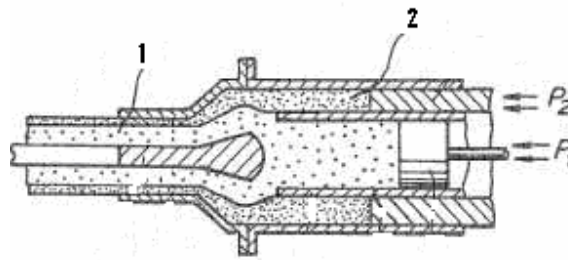


Figura 4: Extrusora para la conformación de piezas cerámicas.

Este dispositivo presenta la ventaja de trabajar con materiales cerámicos, los cuales poseen propiedades similares a los componentes del recubrimiento del electrodo, además el sistema es capaz de proporcionar dos capas simultáneamente sin mezclar los materiales de las mismas por dos sistemas de alimentación separados. Sin embargo, posee la desventaja de producir piezas huecas en forma de tubo, es decir, no permite colocar el alma del electrodo como núcleo de los recubrimientos.

La máquina que se muestra en la (Figura 5) es una extrusora de películas de plástico (CN2177580Y), que se emplean en equipos de soplado para la elaboración de bolsas de plástico. En esta, el flujo de plástico entra por un sistema único de alimentación (1), este flujo es posteriormente comprimido por un tornillo sinfín (2) y pasa por un filtro (3), posteriormente un cabezal divisor de flujo (4) se encarga de dividir la alimentación de plástico en dos canales separados, de manera tal que llegue por igual a los dos moldes (5) y (6) del cabezal, que se encargan de la elaboración de los productos.

Este dispositivo posee como ventaja principal que realiza la extrusión doble por dos salidas individuales simultáneamente, pero el material con el que trabaja es de propiedades físicas muy diferentes al material empleado en el recubrimiento de electrodos; además, el trefil de salida no permite la obtención de formas similares a los electrodos.

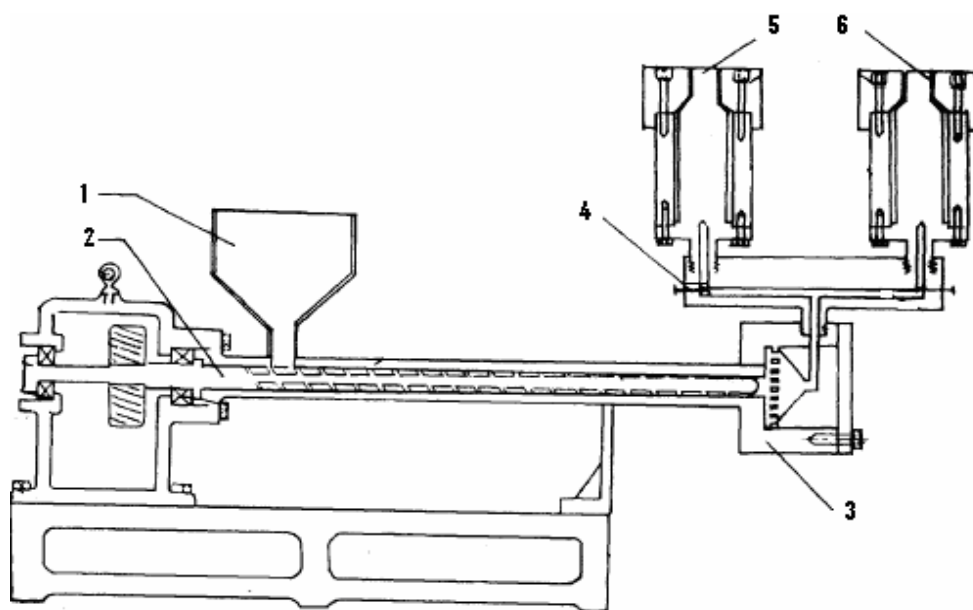


Figura 5: Extrusora de películas de plástico.

El modelo de la (Figura 6) es la extrusora CN2278582Y, la cual posee doble sistema de alimentación (1) y un solo sistema de compresión por tornillo sinfín (2), para la extrusión por una boquilla (3), cuyo diámetro es variable manualmente, según se desee. La calidad del prensado y del moldeo depende de la continuidad de la alimentación del material, que en este caso son frutas.

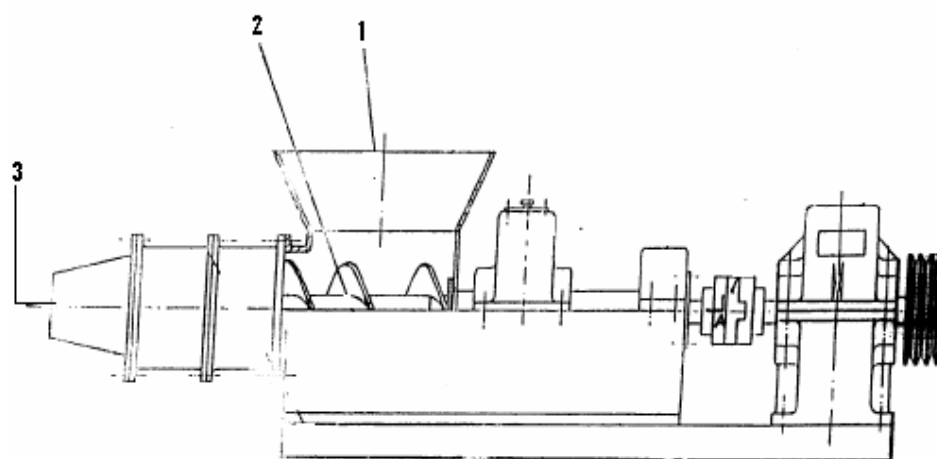


Figura 6: Extrusora doble para el procesamiento de alimentos.

A pesar de que este equipo posee doble sistema de alimentación, posee un solo sistema de compresión, lo que lo imposibilita para trabajar con dos sustancias por separado al mismo tiempo, además presenta una salida que produce perfiles cilíndricos macizos que no permiten la introducción de un alma metálica, por lo que no es efectiva para el proceso de fabricación de electrodos.

Otra máquina de la patente CN2318025Y, (Figura 7) realiza la extrusión doble de plástico por dos salidas diferentes. En este caso el plástico es suministrado por un solo sistema de alimentación (1), es comprimido y forzado por un tornillo sinfín (2) a pasar a través de un sistema divisor que se encarga de compartir el material por dos canales (3) y (4); posteriormente pasa al cabezal del molde con doble salida, el cual puede ser sustituido según el perfil que se quiera obtener, tal como varillas, tubos, planchas, hilos de plástico, según se desee.

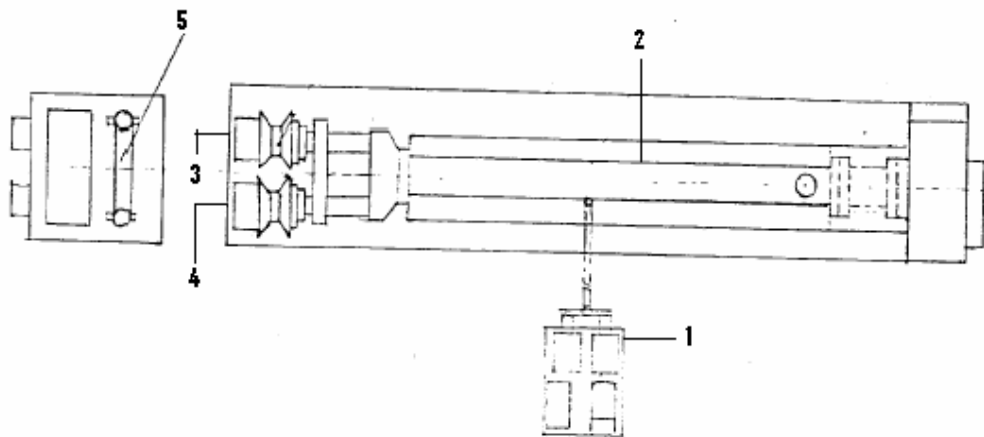


Figura 7: Extrusora doble para plástico.

Este sistema de extrusión es capaz de producir los perfiles cilíndricos huecos (tubos), puede operar con dos materiales simultáneamente sin que estos se mezclen, además de que las piezas. Sin embargo los componentes que están en constante contacto con el material a

extrudir fueron diseñados para operar con plástico, por lo que no puede realizar el recubrimiento de electrodos, proceso en el cual los materiales empleados son mucho más abrasivos y con menos fluidez, lo que conduciría a la destrucción del equipo.

Otra máquina (Figura 8) es la extrusora doble CN86208005U, para la producción de ladrillos huecos de gran resistencia, puede alcanzar una presión de extrusión entre 1,2 MPa y 1,8 MPa, posee un sistema de alimentación (1) por la que es surtida la arcilla con la que serán hechos los ladrillos, posteriormente esta es comprimida por un tornillo sinfín, que posee dos pasos (2a) y (2b), para forzar doblemente al material a pasar a través de la boquilla (3) que se encuentra en el cabezal y es la encargada de proporcionar la forma deseada al producto final.

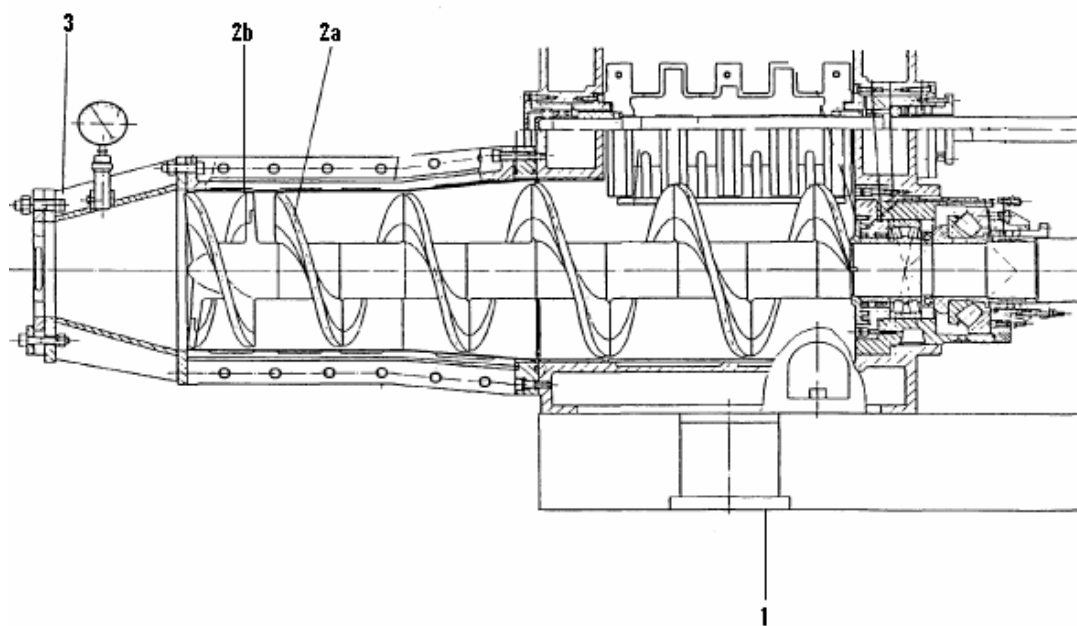


Figura 8: Extrusora doble para ladrillos.

Esta máquina tiene como ventaja que trabaja con materiales similares a los que forman los recubrimientos de los electrodos, o sea granulados altamente abrasivos, posee una alta

presión de extrusión lo que proporciona buen grado de compactibilidad del producto, pero debido a sus dimensiones es imposible su uso a nivel de laboratorio y su trefil de salida no permite la obtención d electrodos.

Este dispositivo es el cabezal de la máquina extrusora (Figura 9) utilizada en la producción de piezas de hierro cubiertas con plástico, utilizadas en la construcción, patente CN101357472A. En este equipo, el material (1) es forzado a pasar por la boquilla intercambiable (3), que se encuentra en el cabezal de salida, esta boquilla está sujeta por un sistema (4), que a su vez también se encarga de sujetar y centrar el material (2) que va a ser recubierto con el plástico.

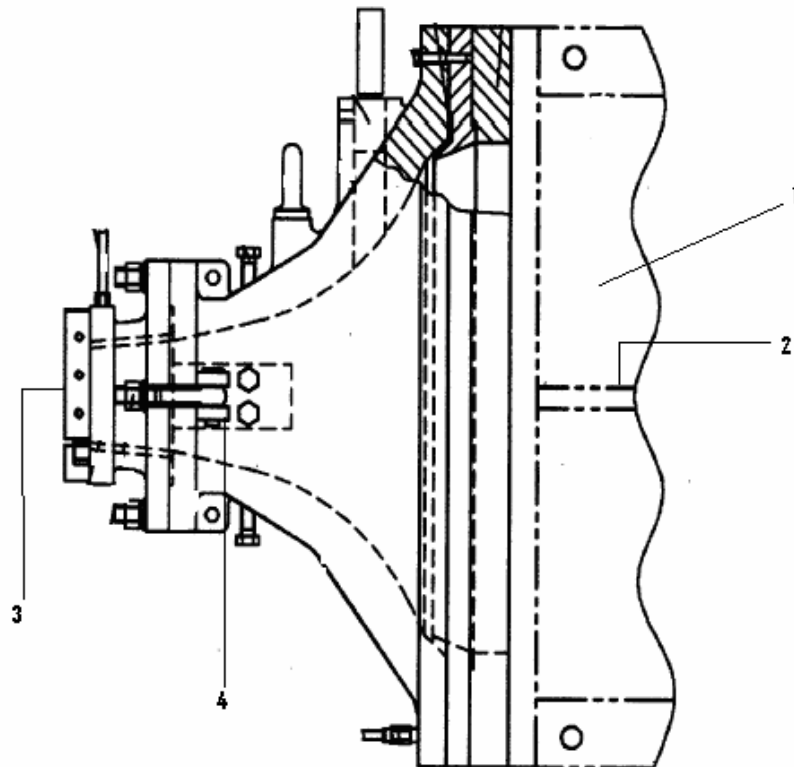


Figura 9: Cabezal de extrusora doble para recubrimiento de piezas metálicas.

Este dispositivo sirve para el recubrimiento de perfiles metálicos, pero con plástico, por lo que los metales de los que está compuesto no permiten su uso con otras sustancias más

abrasivas.

La extrusora de la patente CN 201253946Y, (Figura 10), se emplea en el recubrimiento de piezas cilíndricas, esta posee un sistema de alimentación (1), que es dividido en dos sistemas individuales (2) y (3) para lograr alimentar los dos canales por los que se comprime el material, empleado en el recubrimiento de los perfiles cilíndricos, logrando una excelente concentricidad de la capa asegurando la uniformidad del espesor de la misma a lo largo de toda la superficie. Esta compresión del material para su extrusión es proporcionada por tres tornillos sinfín (4, 5 y 6), que lo fuerzan a salir por la boquilla (8), la cual posee la forma deseada y además se encarga de centrar y sujetar el material que va a ser cubierto.

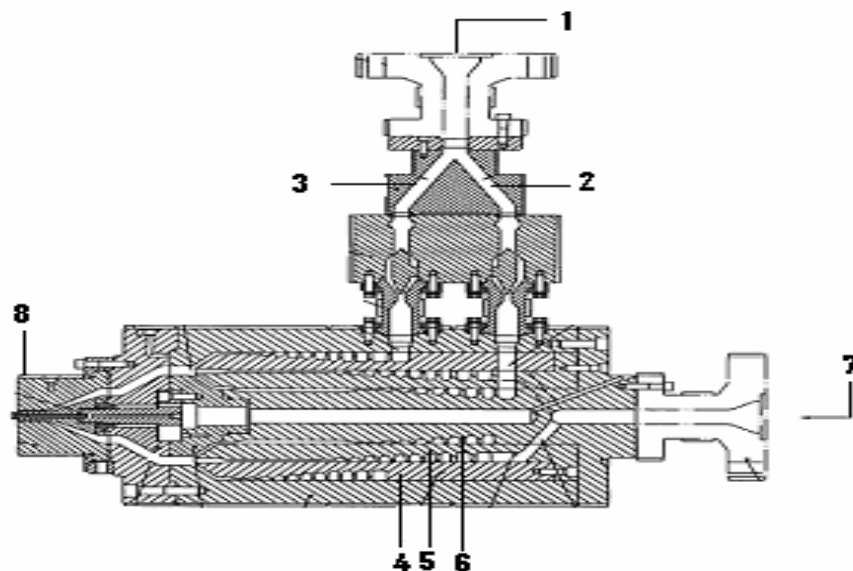


Figura 10: Extrusora doble para recubrimiento de piezas cilíndricas.

Este dispositivo presenta dos sistemas de compresión independientes para el recubrimiento de piezas cilíndricas, pero posee un solo sistema de alimentación por lo que no puede trabajar con dos materias al mismo tiempo, además opera con plástico, que posee características diferentes a los materiales que forman el recubrimiento del electrodo. También sus dimensiones son demasiado grandes como para ser empleada como un equipo

portátil.

La extrusora de la patente CH 608419A5, se emplea para realizar el doble recubrimiento de cables, por extrusión simultánea, logrando un perfil concéntrico a lo largo de toda la superficie (Figura 11). Los materiales de las dos capas pueden ser diferentes, y el espesor es independiente de las características del flujo y controlado, según los resultados que se quieran obtener.

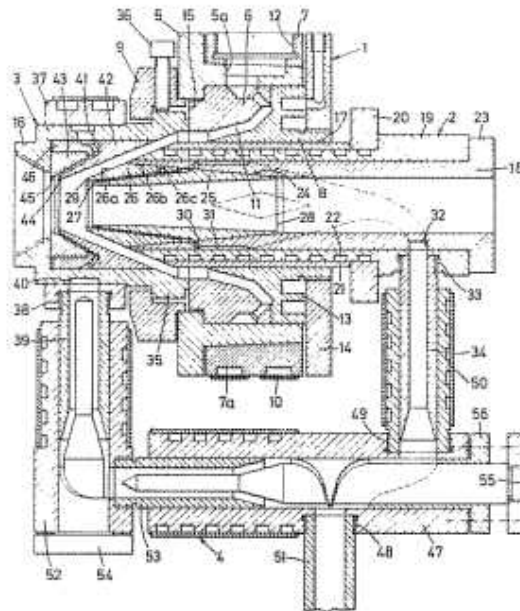


Figura 11: Extrusora doble para recubrimiento de conductores eléctricos.

Es empleada para aplicar dos capas de recubrimiento, al mismo tiempo, con un espesor de las capas constante y regulado, según los resultados que se deseen, pero trabaja con plástico que posee propiedades diferentes a los materiales empleados altamente abrasivos que se emplean en las dos capas que recubren el electrodo.

La extrusora de la patente FR 2631280 A1, se utiliza para el recubrimiento de láminas metálicas con termoplásticos, posee un sistema único de alimentación (1), que es dividido en

dos canales de alimentación (3) y (4), los cuales convergen en la boquilla (5) para formar una capa de recubrimiento sobre el metal laminado(2). Se utiliza en la fabricación de conductores eléctricos planos (Figura 12).

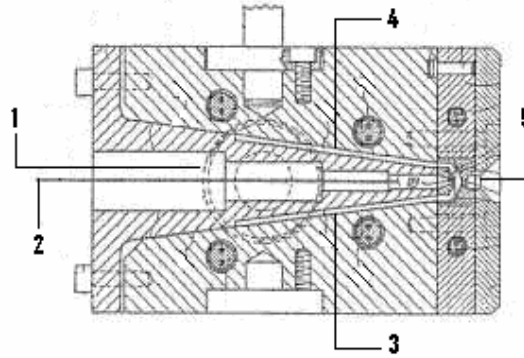


Figura 12: Extrusora doble para recubrimientos de láminas metálicas.

Este equipo es empleado en el recubrimiento de piezas metálicas, pero solo las que presenten una geometría plana.

La extrusora de la patente GB 1036465 A realiza el doble recubrimiento de cables eléctricos con materiales plásticos, logrando una concentricidad uniforme a lo largo de todo el perfil y un espesor constante. Posee (Figura 13) dos canales independientes de alimentación (1) y (2), que aportan los materiales que se emplean en las dos capas que son extruidas sobre el núcleo metálico (3).

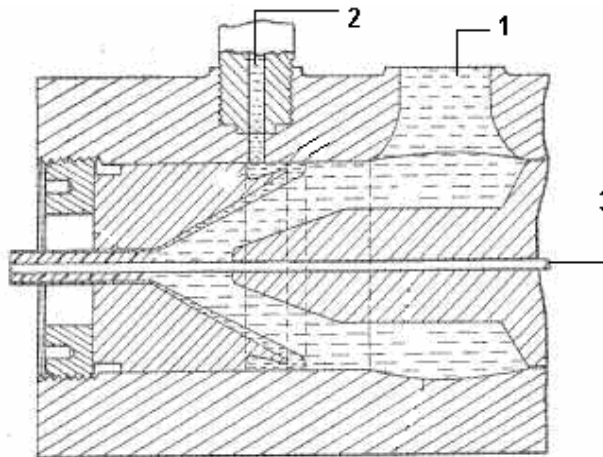


Figura 13: Extrusora doble para recubrimiento de conductores eléctricos.

Este sistema, se acerca a cumplir con las necesidades de operación para el proceso de fabricación de electrodos, ya que aplica dos capas de recubrimiento sobre el núcleo metálico, operando con dos materiales distintos, sin que estos se mezclen, pero el material con el que trabaja es plástico caliente, que posee propiedades diferentes a los materiales que componen las capas de recubrimiento del electrodo, por lo que los accesorios y piezas de este equipo no sirven para la fabricación de estos.

La patente GB 745726 A es una extrusora que se emplea para el doble recubrimiento simultáneo de conductores eléctricos con plástico (Figura 14). Posee dos sistemas de alimentación y compresión (1) y (2) completamente independientes, que son los que aplican las dos capas sobre el núcleo de alambre (3) para conductores eléctricos. Los materiales de ambas capas pueden ser diferentes.

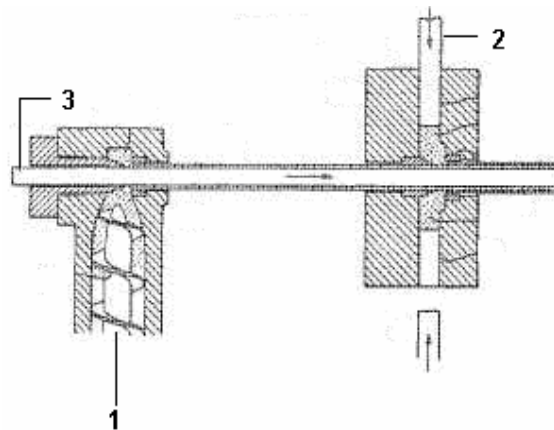


Figura 14: Extrusora para el doble recubrimiento en serie de conductores eléctricos.

Esta máquina presenta como ventaja la aplicación en serie, de dos capas sobre un núcleo metálico semejante al del electrodo, pero trabaja con plástico que presenta propiedades físicas muy diferentes a los materiales que forman las capas del electrodo.

La máquina de la patente JP 59029141 A se emplea en el doble recubrimiento de perfiles cilíndricos metálicos aplicando sobre el mismo dos capas simultáneamente (Figura 15). Este dispositivo posee dos canales independientes de alimentación (1) y (2) que suministran los materiales necesarios para las capas que serán aplicadas sobre el núcleo metálico (3). Esta extrusora es muy utilizada en la fabricación de conductores eléctricos.

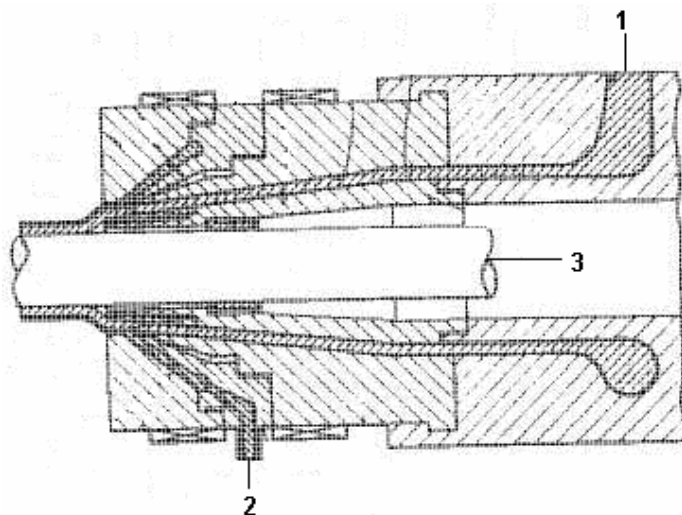


Figura 15: Extrusora doble para el recubrimiento de perfiles cilíndricos metálicos.

Como ventaja fundamental de esta extrusora puede destacarse la posibilidad de trabajar con dos materiales independientes, sin que se mezclen entre ellos, y que puede aplicar dos capas de recubrimiento, pero las características del material de trabajo con que opera, y para el que fue concebido este equipo, le imposibilita la realización del recubrimiento de electrodos.

1.3. Conclusiones parciales.

1. Algunas extrusoras valoradas poseen dos sistemas de alimentación independientes capaces de trabajar con dos materiales por separados, pero las formas y dimensiones de los canales, por donde se desplazan los materiales con que están construidas, no soportan el régimen de trabajo con mezclas abrasivas, ni las presiones con que es necesario trabajarlas, como lo constituyen las destinadas a los recubrimientos de electrodos para la soldadura.
2. Existen extrusoras que operan con materiales cerámicos, similares a las mezclas empleadas para recubrimiento de electrodos, pero no fueron concebidas para recubrir superficies tales como almas de electrodos, sino para fabricar piezas.
3. Dentro de las piezas, que conforman las extrusoras, la más importante es la boquilla o trefil de salida, ya que esta es la encargada de proporcionar la forma y garantizar la coaxialidad, e inmiscibilidad de los recubrimientos.
4. En la literatura consultada no se aprecia ningún equipo portátil capaz de realizar el doble recubrimiento de electrodos para soldadura manual.

Capítulo 2: Diseño de extrusora para el doble recubrimiento de electrodos.

En el caso de la extrusión (Figura 16) indirecta el alma o núcleo (1) se coloca dentro de la camisa (2), hasta insertarse en el alojamiento del pistón inferior (3). La masa (4) se introduce posteriormente, tratando de que quede uniformemente distribuida entre la pared interior de la camisa (2) y la exterior del alma o núcleo (1). El pistón deslizante (5) se emplea para comprimir la masa (4) entre las caras interiores de los pistones inferior (3) y deslizante (5). Las dimensiones se ajustan a las del electrodo a fabricar.

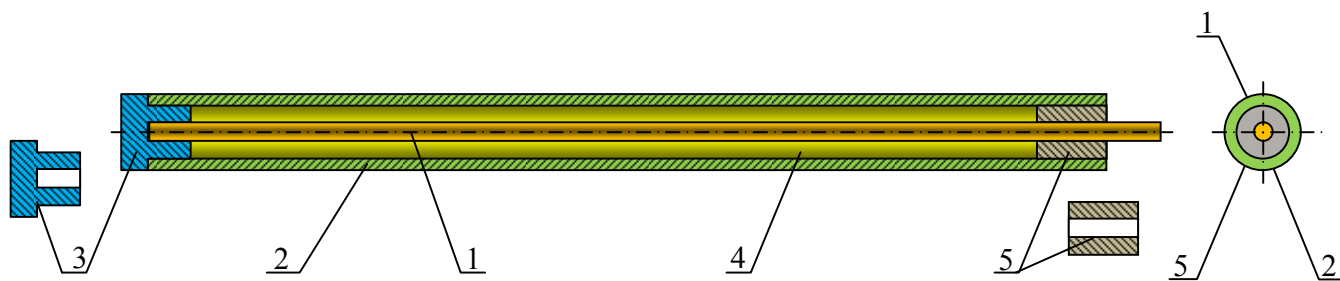


Figura 16: Esquema de una extrusora manual para extrusión indirecta.

Para el funcionamiento de este equipo el pistón inferior (3) debe quedar fijo, sobre una mesa, mientras que el interior deslizante (5), se hace mover mediante un tubo, que se coloca entre la pared interior de la camisa (2) y la exterior del alma (1). Luego de compactar la mezcla, se retira la inmovilización del pistón inferior (3) y se continúa presionando el pistón deslizante (5), hasta conseguir sacar completamente el electrodo. De más está decir que el tubo empleado para presionar el pistón deslizante (5), debe tener la misma longitud del electrodo a fabricar.

Como resultado se obtiene siempre un electrodo recubierto, cuya excentricidad depende de la precisión con que se realicen los agujeros, ciego del pistón inferior (3) y pasante del pistón deslizante (5), respecto al diámetro interior de la camisa (2). La longitud del recubrimiento siempre es menor (de un 25 a un 50 por ciento) a la longitud de un recubrimiento ordinario.

La calidad exterior del recubrimiento depende de la forma y velocidad de extracción del electrodo, desde dentro de la camisa (2). Para ello, debe colocarse el tubo extractor sobre la mesa y presionar hacia abajo la camisa (2), tal que el electrodo terminado quede hacia arriba. La velocidad del proceso debe ser constante.

El electrodo no queda con una compresión uniforme en toda su longitud, debido a que el efecto de compresión se transmite de partícula en partícula, desde la cara interior del pistón interior deslizante (5), hasta el pistón inferior (3), ocurriendo acomodamientos entre ellas, antes de continuar su autocompactación (Figura 17) y comportándose el perfil de tensiones (σ) como una función no lineal.

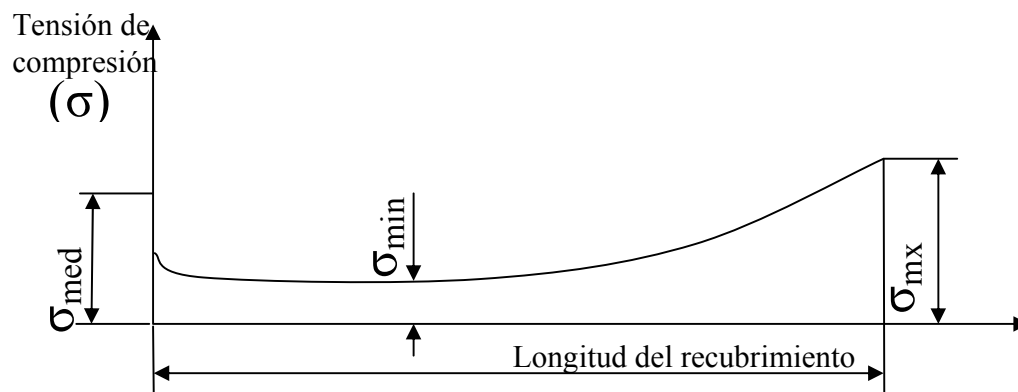


Figura 17: Esquema de la distribución de la compactación en un electrodo obtenido empleando una extrusora manual.

2.1. *Esquema de la extrusora. Principio de funcionamiento y análisis cinemático de la extrusora.*

En el desarrollo de electrodos de soldadura por el proceso de extrusión, el principal equipo que interviene es la extrusora. Estas máquinas generalmente están compuestas de una cámara de extrusión, un mecanismo de empuje del material del recubrimiento y los trefiles, que dan forma al material extraído. Los trefiles deben responder satisfactoriamente a la formación del perfil requerido del recubrimiento, así como la coaxialidad entre el núcleo

metálico y el recubrimiento. El mecanismo de empuje puede ser mecánico, hidráulico o neumático; esto está en dependencia del material a extrudir, dado por la fuerza necesaria para producir la deformación que haga fluir la masa de recubrimiento. La presión de extrusión debe ser capaz de cortar los lazos creados por las fuerzas de atracción entre las partículas, y superar la fricción entre las partículas adyacentes.

Después del estudio de la técnica actual acerca del tema de las extrusoras en la industria de la fabricación de electrodos fueron tomadas en cuenta las consideraciones necesarias para concebir el diseño de una extrusora, que permita la fabricación de electrodos experimentales doblemente recubiertos para soldadura manual.

Para el diseño de esta extrusora se consideró la influencia de las tensiones debido al movimiento de sus partes en la compresión de la mezcla, que forma el recubrimiento del electrodo.

Principio de funcionamiento de la extrusora diseñada.

Esta extrusora que se presenta en el actual diseño (Figura 18) es capaz de realizar el doble recubrimiento de electrodos para soldadura manual y es de fácil fabricación. El principio de funcionamiento de la misma se basa en la compresión de la masa de recubrimiento, que pasa a través de un trefil, y alrededor de un núcleo, ambos de diámetros variables.

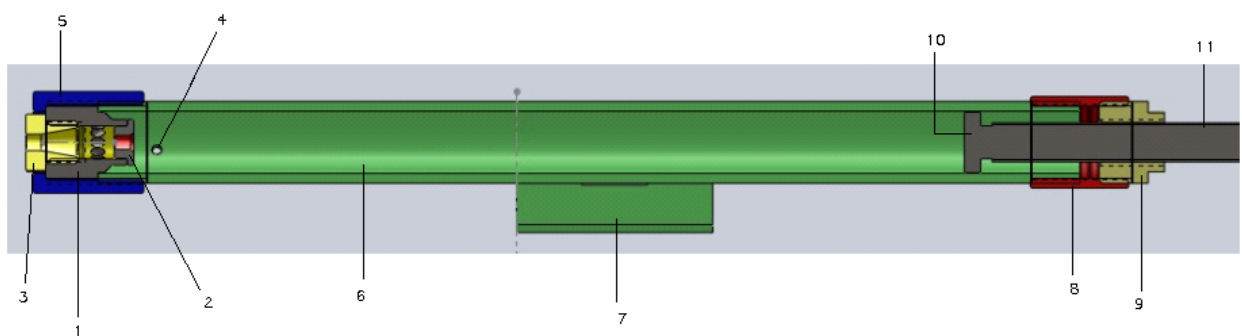


Figura 18: Esquema del diseño de la extrusora.

La extrusora está constituida por un cilindro metálico, que conforma el canal de

alimentación [6]; un pistón [10], movido por un tornillo sin fin [11], que fuerza a la mezcla a salir a través del trefil de salida [3] que le aplica al electrodo el recubrimiento colineal a lo largo de todo su cuerpo. La tuerca de avance [9] se sujeta por el nudo [8] al cuerpo del cilindro y proporciona el desplazamiento al tornillo para comprimir la mezcla. Para la segunda capa solo se debe cambiar la guía [2] del electrodo, que es la que se encarga de centrarlo para lograr la simetría del recubrimiento, y el trefil de salida para poner el del diámetro deseado. Para realizar estas operaciones en la extrusora solo se debe retirar el portatrefiles [1], que es prisionero de una tuerca de sujeción [5]. La cámara presenta un orificio [4], que cumple la función de aliviadero para el excedente de mezcla que pueda existir y, además, disminuir las tensiones que existen dentro de la cámara. La presilla de sujeción [7] es la que permite fijar el equipo en el lugar en el cual será posteriormente utilizado.

En el caso de la extrusión directa la distribución de las tensiones a lo largo del recubrimiento es igual en toda su superficie. De este modo se eliminan defectos superficiales que disminuyen la calidad del electrodo.

2.2. Selección de materiales.

Para la selección de los materiales utilizados en la industria, para la fabricación de estas máquinas extrusoras, se considera el régimen de trabajo al que éstas serán sometidas, además de las características de los materiales a utilizar en el proceso de extrusión. Como ya se ha mencionado, el proceso de extrusión se emplea en varias ramas de la industria y de acuerdo a cada uno en particular se diseña y se fabrica la extrusora. En el caso de la fabricación de electrodos a nivel industrial, las extrusoras están sometidas a un alto régimen de trabajo. Además, se debe tener en cuenta que los materiales que conforman dicho recubrimiento, son metales pulverizados, ferroaleaciones y sílice, los cuales son en extremo abrasivos. Las extrusoras deben tener características especiales que les permitan tener grandes resistencias al desgaste, que las mezclas le puedan ocasionar. Por lo general, en la industria se utilizan aceros aleados muy caros debido a su calidad y muy difíciles de obtener. El presente diseño estará sometido a bajos regímenes de trabajo, ya que está concebido para uso específico en laboratorios. Su fabricación se realizará con materiales más baratos

que satisfagan las necesidades del diseño.

Una de las ventajas principales de este diseño es que es portátil, por lo que se puede armar y desarmar con facilidad. Esto permite que pueda ser trasladada con sencillez por una persona para su empleo en cualquier lugar que se desee; por tanto, las dimensiones establecidas tienen que permitir que se mantenga este criterio. Además, es importante también destacar que la cámara; donde se depositará la mezcla posea dimensiones, tales que el volumen de materiales que contiene sea el necesario para el recubrimiento de un electrodo, para no desperdiciar cantidades significativas de productos, lo cual sería un problema en cuanto al aprovechamiento de los recursos disponibles a escala de laboratorio.

2.3. Documentación técnica.

Todos los planos referentes a la descripción del equipo se encuentran en los anexos. En estos planos se brindan todos los datos necesarios para la elaboración de las piezas. Como se puede apreciar en estos planos el diseño de esta extrusora es extremo sencillo brindando así un costo mínimo de fabricación y sencillez a la hora de concebirla en un taller. Esto se debe a que la mayoría de sus piezas se pueden obtener por maquinado sencillo, a excepción del porta trefiles que es la única pieza que puede presentar un poco de dificultad para lograr taladrar los agujeros que requiere en la superficie inclinada. Además las piezas soldadas no requieren procesos especiales.

Esta extrusora posee además la ventaja de ser muy fácil de armar en el momento de utilizar, también llegado el momento, de ser necesario el intercambio de los trefiles empleados para los diferentes diámetros de recubrimiento, éste se puede hacer muy simple.

Para el ensamble y uso de la extrusora se comienza por tomar el núcleo metálico del electrodo (alambre) y colocarlo en su posición en la guía (2). La mezcla, que formará el recubrimiento del electrodo, se introduce en la camisa (6), ésta es comprimida por el tornillo sin fin (11), el cual se hace girar por una tuerca guía (9) con rosca métrica, que le da el avance necesario para comprimir la mezcla con pistón de empuje (10). Esta tuerca del

tornillo sinfín (9) está sujeta a la camisa (6) por el nudo (8). Al ser presionada la mezcla es obligada a entrar por los orificios del porta trefil (1) a la cavidad de este, donde comienza a adherirse la mezcla del recubrimiento al núcleo metálico. A este porta trefiles se enrosca el trefil guía del núcleo metálico (2), el cual se encarga de centrar el núcleo metálico del electrodo. Este trefil guía del electrodo (2) es intercambiable de acuerdo al diámetro del núcleo metálico que se desee emplear. El otro trefil (3) se emplea para regular el diámetro exterior del recubrimiento del electrodo; éste también es intercambiable. El porta trefiles en su totalidad es fijado a la camisa (6) por la tuerca soporte (5) y la mezcla excedente es evacuada por el aliviadero (4). La presilla (7) permite la fijación a la mesa de trabajo.

2.4. Conclusiones parciales:

1. La extrusora puede ser capaz de aplicar varias capas de recubrimiento en diferentes pasadas sobre un mismo núcleo metálico.
2. El ensamblaje de las piezas es muy simple, posibilitando una mejor utilización del equipo.
3. En general todas las piezas son de fácil fabricación, no necesitan de grandes gastos para su elaboración.
4. El principio de funcionamiento de la extrusora puede permitir obtener electrodos experimentales de calidad aceptable.
5. El material empleado en su fabricación no es tan costoso de obtener y cumple con las necesidades del diseño.

Capítulo 3: Construcción de extrusora para el doble recubrimiento de electrodos.

3.1. *Piezas y componentes fundamentales.*

En este diseño todas sus partes y componentes poseen cierta y determinada función, pero debe prestarse especial atención al porta trefiles (Figura 18), ya que este es el que determinará la calidad final del electrodo, debido a que debe sujetar la guía del núcleo metálico y soporta el trefil de salida, además, posee los canales de alimentación a través de los cuales pasarán los componentes que conformaran el recubrimiento del electrodo. No es entonces extraño que para cumplir con todas estas funciones sea una de las piezas más complejas de maquinar en todo el diseño; otro motivo para resaltar su importancia en el equipo.

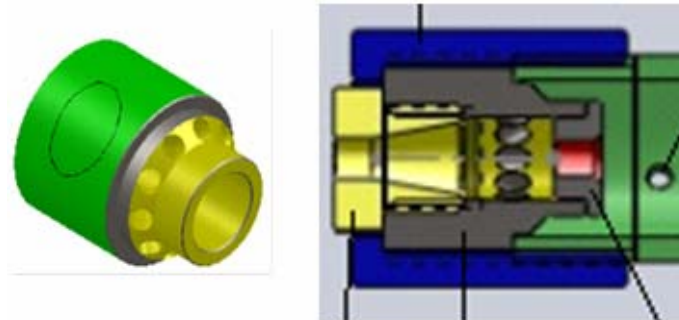


Figura 19: Porta trefiles.

La complejidad del porta trefil (Figura 19) se debe, en parte, a que los agujeros, que constituyen los canales de alimentación de la mezcla, se encuentran en una superficie inclinada, por lo que dificultan un poco su elaboración; también, posee una superficie con rosca en la que deberá acoplar el trefil de salida (Figura 20).

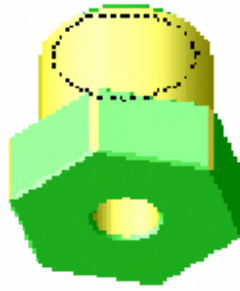


Figura 20: Trefil de recubrimiento del electrodo.

Este trefil es el que se encarga de aplicar las capas al núcleo metálico, además debe garantizar que cumpla con los requisitos de concentricidad y colinealidad a lo largo de toda su superficie. Este trefil es intercambiable debido a que para obtener el doble recubrimiento del electrodo se debe aplicar una primera capa y luego una segunda; por tanto, en dependencia de los diámetros de estas capas, deben ser los trefiles empleados en cada situación en particular.

Otra pieza a tener en cuenta es la guía del electrodo (Figura 21), que es la encargada de centrar el núcleo metálico y alinearlo para el momento de aplicarle el recubrimiento, garantizando también la simetría del mismo a lo largo de toda la superficie.

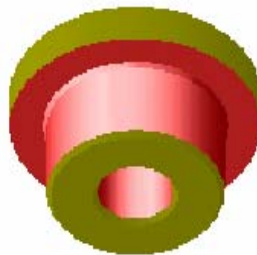


Figura 21: Trefil guía del electrodo.

Este trefil debe ser intercambiable, para posibilitar la aplicación de varias capas sobre un mismo núcleo metálico.

3.2. Requisitos de explotación.

Para el uso y explotación de esta extrusora se debe tener una mesa o banco de trabajo, donde fijarla con la presilla dispuesta para esa función. Se debe contar con el espacio suficiente en la habitación donde será instalada, para colocar todos los componentes que se utilizaran, así como la mezcla de recubrimiento. Es preciso colocar un recipiente para depositar la mezcla que salga por el aliviadero. Se deben seguir los pasos aquí presentados para el ensamble de la extrusora. Para alargar la vida útil de la extrusora se debe desarmar después de finalizar su utilización y limpiar cada uno de sus componentes para eliminar las incrustaciones de materiales.

3.3. Normas de seguridad, protección e higiene del trabajo

La Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo se encarga de garantizar la integridad física de los trabajadores y bienes materiales. Para esto se deben tomar una serie de medidas para evitar cualquier tipo de accidente laboral.

Una de las causas fundamentales de accidentes presentes en los locales de la UCLV es la caída de personas a por pisar objetos dejados fuera de su lugar. Por tal causa todos los componentes y accesorios que estén siendo utilizados deben estar organizados sobre la mesa de trabajo. Se debe verificar que todos los componentes estén bien fijados en su lugar para evitar desprendimientos de los mismos.

Otra de las causas es el golpe o contacto con objetos móviles, por lo que es requisito indispensable que en el momento de operar la extrusora solo se encuentren a su alrededor las personas involucradas en el proceso. Debido a que la mezcla del recubrimiento se prepara con materiales formados por partículas pequeñas, se debe tener protección y evitar contacto con la cara para prevenir que caigan en los ojos o boca. Además, se deben tener en cuenta una serie de peligros que son muy frecuentes en talleres mecánicos; pisos con huecos en los cuales el operario pudiera tropezar o caerse. Debe cuidarse los derrames de

aglutinante y agua en el suelo. La iluminación del local debe ser la suficiente para que el operario del equipo pueda observar correctamente la operación que realiza. Al terminar de utilizar el equipo debe ser almacenado correctamente, evitando pérdidas de sus partes, accidentes y el deterioro del equipo.

3.4. *Criterios económicos*

Para demostrar que es viable económicamente la fabricación de esta máquina debe determinarse el costo de producción de todos sus componentes y accesorios. Para esto se debe considerar que las piezas se obtienen por maquinado. En este proceso, el factor primario es el tiempo de maquinado, debido a que es el tiempo que las máquinas herramientas están en producción y, por lo tanto, consumiendo energía. Para calcular este tiempo se emplea la Ecuación 1, que se utiliza para la producción de piezas unitarias:

$$t_u = t_0 + t_s + t_{pn} \quad (1)$$

Donde:

Tu= tiempo unitario; este es el tiempo que toma elaborar cada pieza por separado.

Ts= tiempo de servicios; este es el tiempo que se emplea en brindar servicio a la máquina herramienta, limpieza, lubricación o cualquier otra labor de mantenimiento.

Tpn= tiempo de paradas normadas; este es el tiempo que esta normado para los procesos de maquinado para operaciones, como cambios de cuchillas, viraje de piezas y otras funciones que se realizan durante la producción.

Por este método se calculan todos los tiempos de las piezas por separado, tomando en cuenta las diferentes operaciones a realizar en cada caso. Como resultado se obtuvo, que el tiempo total para la elaboración de todos los componentes, no es mayor de 6 horas. Este tiempo es bajo si se toma en consideración que son en total 13 elementos a fabricar. Teniendo en cuenta que el consumo de un torno 16K20, que fue el empleado en la obtención de las mismas, es de 11kW/h y que el costo actual del kW de electricidad es de 0,4 centavos, en horario laborable normal (este valor puede variar según el horario) puede decirse que el costo de producción por consumo de energía está alrededor de los 26,4 pesos.

En cuanto a la mano de obra, el sueldo promedio de un obrero es de 350 CUP al mes, este valor se divide en aproximadamente 1,46 CUP/h. Teniendo en cuenta que tomó

alrededor de 6 horas la fabricación de las piezas, este costo por mano de obra es de 8,76 CUP.

También se debe valorar la depreciación de la máquina herramienta. El tiempo de uso estimado de una máquina como el torno 16K20 está fijado en 20 años. Sin embargo, este equipo ya está al 50 % de su capacidad, 10 años. Sabiendo que un año tiene 260 días laborables y 8 horas por día, entonces como que solo tomó 6 horas la realización de las piezas, la máquina se depreció 0,029 años.

Teniendo en cuenta estos factores, el precio total de fabricación de las piezas fue de 35,16 CUP.

3.5. Conclusiones parciales:

1. La pieza de mayor importancia es el portatrefiles, que a su vez posee los canales de alimentación de la mezcla. Esta pieza posee un escalón de diámetro 14 mm que acopla con la camisa y queda centrada. Posee en escalón de 10 mm de diámetro que es donde acoplan los trefiles guías del electrodo que son los encargados de centrar el mismo.
2. La extrusora, para conservar su funcionalidad debe trabajar sobre una mesa o banco de trabajo, con el espacio suficiente para la instalación y explotación del equipo y un depósito para almacenar el material excedente.
3. Debe evitarse la caída del trefil y otras partes para no afectar sus formas, dimensiones y tolerancias y para evitar traumas en los pies de los operarios.
4. El costo de fabricación es relativamente bajo (35,16 CUP), desglosado en un costo de energía de 26,4 CUP y un costo de la mano de obra de 8,76 CUP.

Conclusiones Generales

1. De las extrusoras consultadas en la bibliografía, ninguna es aplicable en la fabricación de electrodos. No permiten la aplicación de recubrimiento sobre perfiles cilíndricos metálicos. Los materiales con los que estas fueron fabricadas no se corresponden con las características de los usados como recubrimientos de electrodos.
2. Para el diseño de una extrusora para la obtención de electrodos deben tenerse en cuenta; la colinealidad y coaxialidad del recubrimiento sobre el alma del electrodo. También se debe garantizar que si se aplicaran varias capas de recubrimiento este debe ser inmiscible. Se debe obtener una buena compactación de la mezcla.
3. La extrusora fabricada es portátil. Puede aplicar varias capas de recubrimiento sobre un núcleo metálico, aunque no simultáneamente. Posee un ensamblaje sencillo. La pieza de mayor importancia es portatrefil, que a su vez es el medio por el cual se alimenta la mezcla para el recubrimiento.
4. La extrusora posee un largo aproximado de 650mm, con el tornillo de avance en su posición inicial, fuera de la camisa. La mayor dimensión transversal es la de la palanca de accionamiento del tornillo, que es de 300 mm.
5. La fabricación del equipo es viable económicamente, ya que algunos de sus componentes de menor importancia se pueden obtener a partir de piezas desechadas. El maquinado de las piezas es de muy corto tiempo, 6 horas. El costo de producción total es de 35,16 CUP.

Recomendaciones

1. Emplear la extrusora desarrollada en el recubrimiento de electrodos experimentales para perfilar su diseño.
2. Trabajar en un diseño de extrusora que realice la doble extrusión de forma simultánea.

Referencias:

1. Clasificación de las extrusoras; <http://html.rincondelvago.com/extrusion.html>.
2. PARK SEONG CHEON; Extruder for spectacle temples and spectacle temples by the same.; <http://v3.espacenet.com/>.
3. DAIWEI SHI; Extruder head of bulking machine or extruder; <http://v3.espacenet.com/>.
4. FUKUHARA NAONAR; Extruder of tubular plastic; <http://v3.espacenet.com/>.
5. Extrusión de plástico; <http://www.plasticextrusiontech.net/Capabilities/PlasticExtrusions.html>.
6. CHEN LI; Flour-made tonka-bean extruder; <http://v3.espacenet.com/>.
7. <http://www.answers.com/topic/extrusion>.
8. HAN BINGTAO ; YANG DAXANG ; QUAN XIAOHUI ;Hydraulic fixing pin extrusion punching device of double-action extruder.; <http://v3.espacenet.com>.
9. Torigai, Y. and K. Ishizaki; Method for the uniform extrusion coating of welding flux compositions, in United States Patent and Trademark Office Granted Patent;
10. CHEN SHUMIN ; Non-flushing squatted toilet of double extruder; <http://v3.espacenet.com>.
11. Procesos de formado; <http://sifunpro.tripod.com/formado.htm>.
12. JI HU; Thread cover for parallel double-screw extruder; <http://v3.espacenet.com>.
13. Todo acerca de la extrusión; <http://www.squidoo.com/Extrusion>.
14. Drozda, T., Bakerjian, C.; Veilleux, R.; Raymond, F.; Petro, L; Tool and manufacturing engineers handbook: Forming. 2, ed. SME.; <http://www.answers.com/topic/extrusion>.
15. TAKEBE NORICHIKA ; Two-layer in-mold coating die and extruder remodeling method; <http://v3.espacenet.com/>.

Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a top view. The cross-section is a semi-circular shape with a central hole. The top view is a circle with a central hole. Dimensions are given in millimeters. The cross-section shows a total width of 20 mm, a central hole diameter of 10 mm, and a thickness of 1 mm. The top view shows an outer diameter of 14 mm, an inner hole diameter of 12 mm, and a fillet radius of R12.500. A 3D model of the part is shown in the background.

