



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA



“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA LA IMPREGNACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS UNIDIRECCIONALES”

OPCIÓN III

(PROYECTO DE INVESTIGACIÓN)

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

CÉSAR MARTÍN BARRERA

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO
2004

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1 ASPECTOS TEÓRICOS	
1.1. POLIMEROS.	3
1.1.1. Termofijos.	4
1.1.2. Termoplásticos.	4
1.1.2.1. Polipropileno.	5
1.1.3. Elastómeros.	6
1.2. PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS.	6
1.2.1. Propiedades Térmicas.	6
1.2.2. Propiedades mecánicas.	7
1.3. FIBRAS SINTÉTICAS.	7
1.3.1. La naturaleza de las fibras.	7
1.3.2. Información general sobre las fibras de Twaron®.	9
1.4. MATERIALES COMPUESTOS.	9
1.4.1. Generalidades.	9
1.4.2. Clasificación de los Materiales Compuestos.	10
1.4.2.1. Materiales compuestos particulados.	11

1.4.2.2. Materiales compuestos fibro-reforzados.	11
1.4.2.3. Materiales compuestos laminados.	11
1.4.3. Interfase fibra-matriz.	12
1.5. PREPARACION DE MATERIALES COMPUESTOS UNIDIRECCIONALES.	14
1.5.1. Método de preparación.	14
1.5.1.1. Métodos por disolución y emulsión.	14
1.5.1.2. Método por Fusión.	15
1.5.1.3. Método por polvos.	15
1.5.2. Preparación de laminados usando método de impregnación por polvos.	16
1.5.2.1. Separación de las fibras.	16
1.5.2.2. Impregnación de las fibras.	17
1.5.2.3. Laminado.	18

CAPITULO 2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

2.1. LA NATURALEZA DEL FLUIDO.	20
2.1.1. Flujos turbulento y laminar.	20
2.1.2. Capa límite.	21
2.1.3. El flujo externo.	21
2.1.4. Dispersión de un fluido a chorro.	22
2.1.5. Flujos a régimen permanente y no permanente.	22
2.4. ELEMENTOS DE MÁQUINAS.	23
2.4.1. Cojinetes.	23
2.4.1.1. Cojinetes deslizantes.	23
2.4.1.2. Cojinetes de rodamientos.	24
2.4.1.4. Ventajas y desventajas.	25
2.4.2. Transmisión de potencia.	25
2.4.2.1. Bandas planas.	26
2.4.2.2. Correas en V.	26
2.4.2.3. Correas dentadas.	26
2.4.2.4. Cadenas de rodillos.	27

2.4.3. Resortes.	29
2.4.3.1. Resortes helicoidales.	29
2.5. MAQUINAS ELÉCTRICAS.	30
2.5.1. Motores eléctricos.	31
2.6. DISEÑO DE INGENIERÍA.	34
2.6.1. Diseño de maquinas.	34
2.6.2. Consideraciones de diseño.	34
2.6.3. La síntesis y el análisis.	35
2.7. PROCESO DE DISEÑO.	36
2.7.1. Identificación de la necesidad.	36
2.7.2. Investigación a fondo.	37
2.7.3. Planteamiento del objetivo.	37
2.7.4. Especificaciones.	37
2.7.5. Generación de ideas e invención.	37
2.7.6. Análisis del diseño.	38
2.7.7. Diseño detallado.	38
2.7.8. Construcción de prototipo y pruebas.	38
 CAPITULO 3 DISEÑO DEL SISTEMA	
3.1 PROCESO DE DISEÑO	40
3.1.1. Identificación de la necesidad.	40
3.1.2. Planteamiento del objetivo.	40
3.1.3. Especificaciones de funcionamiento.	40
3.1.4. Especificaciones del diseño.	41
3.2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL DISEÑO.	41
3.2.1. Desembobinador de fibras.	41
3.2.2. Separador de fibras parte A.	42
3.2.3. Separador de fibras parte B.	43
3.2.4. Preimpregnación y consolidación.	44
3.2.5. Tensor.	44
3.2.6. Embobinador.	45

3.2.7. Sistema de tracción.	46
3.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.	46
3.3.1. Construcción del desembobinador.	46
3.3.2. Construcción del Separador de fibras parte A.	47
3.3.3. Construcción del Separador de fibras parte B.	48
3.3.4. Construcción del Tensor.	49
3.3.5. Construcción del Embobinador de fibras.	49
3.4. CALCULOS PARA LA SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	50
3.4.1. Análisis de fuerzas para seleccion del resorte	50
3.4.2. Selección del motor	54
3.4.3. Analisis de fuerzas en el Tensor.	56
3.5.DISEÑO DEL MOLDE.	57

CAPITULO 4 MÉTODOS EXPERIMENTALES

4.1. MATERIALES	61
4.2. PRUEBAS A LA TENSIÓN DE LA MATRIZ DE PP	61
4.3. PRUEBAS A TENSIÓN DE LA FIBRA DE ARÁMIDA (TWARON).	63
4.3.1. Medición de diámetros.	63
4.3.2. Prueba de tensión.	63
4.4. DENSIDAD LINEAL DE LAS FIBRAS DE ARAMIDA (TWARON)	65
4.5. MOLIENDA Y TAMIZADO DEL PP.	65
4.6. IMPREGNACIÓN	65
4.7. LAMINADO.	67
4.8. PRUEBAS A TENSION DEL MATERIAL COMPUESTO.	68
4.9. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE PP VIA SHOXLET.	68

CAPITULO 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados de la caracterización mecánica de los materiales individuales.	71
5.1.1. Propiedades mecánicas del Polipropileno de PEMEX (PP30).	71
5.1.2. Propiedades mecánicas de la fibra de Arámida (Twaron).	71
5.2. RESULTADOS DE LA MOLIENDA Y TAMIZADO DEL PP.	71

5.3. PREPARACIÓN DE LAMINADOS DEL MATERIAL COMPUESTO.	72
5.3.1 Proceso de separación de fibras.	72
5.3.2. Proceso de preimpregnación.	74
5.3.3. Proceso de consolidación.	75
5.3.4. Moldeo de láminas.	76
5.4. RESULTADOS DE PRUEBAS A TENSIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.	78
5.4.1. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS DIFERENTES LAMINADOS.	79
5.4.2. Extracción del PP vía Shoxlet.	80
5.4.3. Determinación del módulo de elasticidad.	81
5.4.4. Análisis y comparación de resultados.	82
 CONCLUSIONES	 85
 BIBLIOGRAFIA	 87

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas uno de los desarrollos tecnológicos más importantes en el área de los materiales, ha sido el refuerzo de polímeros con fibras fuertes y ligeras como son las de carbón y las de aramida. Los materiales compuestos así obtenidos compiten con el acero y el aluminio debido a sus atractivas propiedades mecánicas específicas. Las aplicaciones de estos materiales incluyen piezas estructurales y semi-estructurales. En este sentido, los materiales obtenidos al reforzar resinas termofijas con fibras de vidrio han sido las más populares debido a la facilidad de su procesamiento, buena adherencia y excelente resistencia a los químicos.

Recientemente, las regulaciones respecto al manejo de desechos se han hecho más estrictas [1]. Esto se ha traducido en un problema para los materiales compuestos a base de matrices termofijas ya que éstas, una vez curadas son prácticamente infusibles e insolubles dificultando su reciclado. Por lo tanto, las consideraciones de tipo ecológicas y económicas han producido una fuerte tendencia mundial a sustituir estos materiales compuestos por otros a base de matrices termoplásticas.

Las matrices termoplásticas tienen un gran potencial para la preparación de materiales compuestos laminados debido a su bajo costo de manufactura que se deriva de la gran estabilidad del producto terminado, a la facilidad de su almacenamiento, a la posibilidad de ser reprocesadas, a su alta resistencia a la fractura, buena tolerancia al daño y alta resistencia al

impacto, así como también, a sus ciclos rápidos de procesamiento y a la mayor facilidad que en el control de calidad presentan [2, 3, 4].

A pesar de todas estas ventajas, la explotación de los materiales compuestos termoplásticos se ha visto limitada por la carencia de un método industrial eficiente. Pocos trabajos sobre materiales compuestos reforzados unidireccionalmente con fibras continuas han sido reportados en los que se utilice materiales termoplásticos, esto, muy probablemente se deba a las dificultades inherentes en la preparación de láminas delgadas, los cuales son la base para la preparación de materiales compuestos laminados, y que son altamente utilizados a nivel comercial e industrial [2, 5].

La necesidad de producir a gran escala materiales termoplásticos reforzados con fibras textiles unidireccionales para su uso comercial, origina la necesidad de crear nuevos métodos y sistemas de producción que sean capaces de automatizar la producción de manera rápida y eficiente para abastecer la demanda; esto origina el presente trabajo, el cual, consiste en diseñar y construir un sistema de transporte de fibras textiles, el cual, forma parte de una línea de producción continua, la función de éste sistema es separar las fibras y conducir las hacia el proceso de elaboración del material compuesto donde se utiliza el método de impregnación por polvos. El material a procesar será hecho a base de Polipropileno y fibras de Aramida (Twaron). En éste trabajo también se presenta un estudio preliminar del moldeo de láminas unidireccionales y de las propiedades mecánicas a tensión del material obtenido. Dicho material fue preparado en el prototipo construido para comprobar la eficiencia de su funcionamiento.

Las láminas obtenidas podrían ser utilizadas, entre otras aplicaciones, en la producción de piezas automotrices a gran escala, piezas para la construcción de viviendas, muebles, etc. Todas con las siguientes ventajas:

- Artículos de bajo peso producidos a bajo costo.
- Producción en serie de piezas similares.
- Moldeo simple en forma rápida de piezas complejas.
- Mayor facilidad para su reciclado.
- Se pueden reciclar como mezcla de polímeros.
- Son remoldeables o soldables.