



13
29.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

ESTUDIO DE LOS ADHESIVOS
TERMOFUSIBLES BASE EVA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N:

MARTIN GARCIA MEZA
ANA LIDIA TLAPANCO GODAR

ASESOR: I. Q. ANDRES AQUINO CANCHOLA

MEXICO. D. F.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

268168



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

JEFATURA DE CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/0019/98

ASUNTO: Asignación de Jurado

C. Ana Lidia Tlapanco Godar
Martín García Meza
Presente

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

Presidente: *I.Q. Miguel José Flores Galaz*
Vocal: *I.Q. Andrés Aquino Canchola*
Secretario: *M. en C. Roberto Mendoza Serna*
Suplente: *I.Q. Rafael Sánchez Dirzo*
Suplente: *I.Q. Roberto Ramírez Torres*

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 25 de Mayo de 1998

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. Magín Enrique Juárez Villar

Irm

Este trabajo está dedicado a nuestros padres a quienes debemos lo que somos.

Joaquín Tlapanco y Lidia Goddard

Ascención García y Rosario Meza

INDICE

Página

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
- Objetivos.....	3
I GENERALIDADES.....	4
1.1 Historia de los adhesivos.....	4
1.2 Definición de adhesivos.....	5
1.2.1 Fundamentos de adhesión.....	5
1.2.2 Formación de la unión	7
1.2.3 Falla de la unión	8
1.3 Factores que influyen en la adhesión	10
1.3.1 Factores reológicos.....	10
1.3.2 Tiempo abierto	11
1.3.3 Tack.....	12
1.3.4 Compresión	12
1.3.5 Solidificación.....	12
1.4 Principios básicos de adhesión	13
1.4.1 Uniones Iónicas o electrovalentes	14
1.4.2 Uniones Covalentes.....	14
1.4.3 Uniones Metálicas.....	15
1.4.4 Fuerzas de Van Der Waal's.....	15
1.5 Requisitos para una buena unión.....	16
1.6 Clasificación de los adhesivos.....	20
1.7 Ventajas y Desventajas	21

II	ADHESIVOS TERMOFUSIBLES BASE EVA.....	23
2.1	Antecedentes y definición de adhesivos termofusibles.....	23
2.2	Propiedades de los adhesivos termofusibles (Hot Melt).....	24
	2.2.1 Transición de sólido a líquido.....	24
	2.2.2 Transición de Líquido a Sólido.....	26
	2.2.3 Tiempo abierto del Hot Melt.....	28
	2.2.4 Comportamiento de la unión.....	29
2.3	Usos y presentación en el mercado.....	30
	2.3.1 Usos.....	30
	2.3.2 Presentación en el mercado.....	32
2.4	Ventajas y desventajas de los adhesivos Hot Melt.....	33
	2.4.1 Ventajas.....	33
	2.4.2 Desventajas.....	35
2.5	Composición de los adhesivos termofusibles Base EVA.....	36
2.6	Características de las materias primas empleadas.....	38
	2.6.1 Polímero Base.....	38
	2.6.2 Resinas tackificantes.....	44
	2.6.3 Ceras.....	46
	2.6.4 Plastificantes.....	48
	2.6.5 Extendedores.....	48
	2.6.6 Antioxidantes.....	49
2.7	Relación entre composición y las propiedades de un Hot Melt.....	49
2.8	Formulaciones típicas de adhesivos termofusibles Base EVA.....	51
	2.8.1 Encuadernación.....	53
	2.8.2 Etiquetado.....	55
	2.8.3 Empaque.....	56
	2.8.4 Calzado.....	58
	2.8.5 Presión sensible.....	59
	2.8.6 Muebles.....	61

III	MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS TERMOFUSIBLES.....	62
3.1	Pruebas de control de calidad.....	63
	3.1.1 Viscosidad	63
	3.1.2 Punto de reblandecimiento (Ring and Ball)	68
	3.1.3 Color (Gardner).....	70
3.2	Pruebas funcionales.....	71
	3.2.1 Tiempo abierto	72
	3.2.2 Estabilidad térmica.....	74
3.3	Pruebas de la unión adhesiva	77
	3.3.1 Tack	78
	3.3.2 Peel strenght (resistencia al pelado).....	78
	3.3.3 Resistencia a la tensión, al corte y a la división (Tensil, Shear & Cleavage Strength.....	80
IV	SISTEMA DE APLICACIÓN DE ADHESIVOS HOT MELT	83
4.1	Aplicadores de capa	83
4.2	Aplicadores de disco	84
	4.2.1 Discos cóncavos	86
	4.2.2 Discos segmentados	87
	4.2.3 Discos con celdas circulares	89
	4.2.4 Aplicación de discos con auto llenado	90
	4.2.5 Viscosidades requeridas en los aplicadores de disco	91
4.3	Aplicadores de boquilla.....	92
	4.3.1 Bombas.....	93
	4.3.2 Filtros	94
	4.3.3 Pistolas	95
	4.3.4 Boquillas	96
	4.3.5 Viscosidad del adhesivo para aplicadores de boquilla	98
4.4	Resumen comparativo de los sistemas de aplicación	98
4.5	Selección del sistema de aplicación.....	99
4.6.	Selección del Hot Melt.....	100

4.7	Variables que afectan el comportamiento de un Hot Melt.....	102
4.8	Manejo del Hot Melt.....	103
4.9	Guía de problemas y soluciones durante el uso del Hot Melt.....	105
V	PROCESO DE FABRICACIÓN DE HOT MELT	108
5.1	Proceso Batch con mezcladores verticales.....	108
5.2	Proceso Batch con amasadores	109
5.3	Proceso continuo con extrusor.....	109
5.4	Descripción del proceso Batch para una planta de adhesivos	110
5.5	Descripción del proceso continuo en una planta de adhesivos Hot Melt	113
5.6	Comparación de los procesos Batch y continuo	116
	CONCLUSIONES	117
	BIBLIOGRAFIA	118

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
1.2-1 Superficie rugosa	5
1.2-2 Unión de dos superficies con adhesivo.....	6
1.2-3 Representación de una falla adhesiva	8
1.2-4 Representación de falla cohesiva.....	9
1.3-1 Diferentes tipo de comportamiento reológico.....	11
1.5-1 Superficie de un sólido.....	16
1.5-2 Ejemplo de una buena y una deficiente humectación del adhesivo aplicado sobre una superficie	18
2.2-1 Comparación de la viscosidad vs temperatura de tres adhesivos Hot Melt.....	25
2.2-2 Diagrama de una aplicación continua por medio de rodillo en el que se muestra (A) una buena unión y (B) donde no hay unión.....	27
2.2-3 Humectación de sustratos	28
2.6-1 Copolímeros EVA comerciales	41
2.6-2 Efecto del contenido de vinil acetato de las resinas EVA en la adhesión de diferentes sustratos.....	42
2.6-3 Efecto del índice de ablandamiento de una resina EVA en el funcionamiento de adhesivos.....	43
2.6-4 Resinas modificadas para usar en varios sustratos de Hot Melts a base de copolímero de EVA.....	46
2.6-5 Análisis comparativo de las propiedades más importantes de los tres tipos de ceras.....	48
2.6-6 Cuadro comparativo de las propiedades de las ceras	48
2.7-1 Diagrama triangular Composición/ Propiedades del Hot Melt	50

2.7-2	Diagrama triangular dirección de formulación de un Hot Melt	51
2.8-1	Diagrama triangular	52
3.1-1	Fluido Newtoniano	63
3.1-2	Comportamiento de un fluido Pseudo - Plástico	64
3.1-3	Comportamiento de un fluido dilatante	64
3.1-4	Comportamiento de un fluido tixotrópico	65
3.1-5	Gráfica de viscosidad vs temperatura de un Hot Melt	66
3.1-6	Equipo para la determinación de viscosidad	67
3.1-7	Equipo para la determinación del Ring & Ball	70
3.2-1	Dibujo de la prueba de tiempo abierto	74
3.2-2	Efecto de la estabilidad térmica en los Hot Melts	75
3.3-1	Prueba de 180° Peel Strength (Resistencia al pelado a 180°)	79
3.3-2	Prueba del Peel Strength (Resistencia al pelado)	80
3.3-3	Dinamómetro Instron	80
3.3-4	Prueba de resistencia a la tensión (Tensil Strength)	81
3.3-5	Prueba de resistencia al corte (Shear Strength)	81
3.3-6	Prueba de resistencia a la división (Cleavage Strength)	82
4.1-1	Aplicador de capa superior	84
4.1-2	Aplicador de capa inferior	84
4.2-1	Aplicador de disco básico	85
4.2-2	Ejemplo de aplicación incorrecta con bordes laterales y una aplicación correcta homogénea cuando hay una altura adecuada en la altura adecuada en la barra guía	86
4.2-3	Diferencia de la superficie exterior de un disco cóncavo y un disco plano	87

4.2-4	Disco con dos segmentos.....	87
4.2-5	Aplicación de dos secciones de adhesivo en la tapa de una caja utilizando un disco de dos segmentos.....	88
4.2-6	Aplicador de disco con celdas circulares.....	89
4.2-7	Cerrado de tres tapas de una caja de cartón utilizando aplicadores de disco con autollenado.....	90
4.2-8	Aplicador de disco cóncavo con disco antifibras.....	92
4.3-1	Sistema de aplicación de boquilla.....	93
4.3-2	a) Filtro de cartucho y b) Filtro secundario en línea.....	94
4.3-3	Pistola operada por aire.....	95
4.3-4	Factores que influyen en la selección de las boquillas.....	96
4.3-5	Boquilla larga.....	97
4.3-6	Boquilla corta.....	97
4.3-7	Boquilla de dos orificios.....	98
4.4-1	Comparación de los sistemas de aplicación de adhesivos.....	99
5.4-1	Vista interior de un equipo amasador.....	110
5.4-2	Tanque de mezclado vertical con chaqueta de calentamiento.....	111
5.4-3	Diagrama de flujo del proceso de fabricación Batch en una planta de adhesivos Hot Melt.....	112
5.4-4	Listado del equipo de proceso Batch.....	112
5.5-1	Extrusor de tornillo gemelo.....	113
5.5-2	Diagrama de flujo del proceso de fabricación continuo en una planta de adhesivos Hot Melt.....	114
5.5-3	Listado de equipo del proceso de fabricación continuo.....	115

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia a los adhesivos termofusibles base EVA también conocidos con el nombre de hot melts que dentro de la industria de adhesivos han sido los de mayor crecimiento en los últimos años por las ventajas que representa su uso, siendo la más importante formar uniones adhesivas muy rápidas que permiten altas velocidades de producción.

El trabajo esta dividido en cinco capítulos. En el primero los adhesivos se definen como materiales que producen la unión de los sustratos sobre los que se ha aplicado, se describe el proceso de adhesión, los factores que influyen en está como son la viscosidad, el tiempo abierto, el tack, la compresión y la solidificación. También se dan los principios básicos de adhesión y los requisitos para lograr una buena unión adhesiva.

En el segundo capítulo se define a los hot melts como compuestos termoplásticos 100% sólidos que para su aplicación se calientan pasando del estado sólido a líquido, ya en éste estado se aplican en uno de los sustratos colocando inmediatamente después el segundo sustrato antes de que solidifique formándose la unión adhesiva cuando se enfría.

Una vez que se han visto las propiedades de los hot melts, usos, presentación en el mercado, sus ventajas y desventajas se presenta la composición de estos adhesivos siendo su principal componente el copolímero de etilen vinil acetato (EVA) el cual se combina con un sistema diluyente que generalmente es una mezcla de materiales como resinas tackificantes, ceras y plastificantes.

Con la revisión de las características y propiedades más importantes de cada materia prima se establecen las bases para el desarrollo de formulaciones de estos adhesivos.

Una vez que el hot melt ha sido formulado, en el tercer capítulo se establecen los métodos de evaluación de sus propiedades para asegurarnos que funcionan adecuadamente. Las pruebas más importantes son:

Las de control de calidad que se realizan inmediatamente después de que el hot melt se ha fabricado, en las que se verifican las especificaciones que debe cumplir el producto, las pruebas funcionales en donde se evalúa la funcionalidad del adhesivo durante su aplicación y las pruebas finales de la unión adhesiva en las que se mide la resistencia de ésta.

En el cuarto capítulo se presentan los sistemas de aplicación en los que se utiliza el hot melt los cuales también son importantes para determinar las propiedades y características del adhesivo, siendo los más importantes los aplicadores de capa, disco y boquilla.

Por último en el quinto capítulo se describen los procesos de fabricación existentes para los adhesivos termofusibles base EVA describiéndose el proceso de fabricación Batch y Continuo.

INTRODUCCION

Los adhesivos han sido utilizados por el hombre por miles de años, sin embargo el estudio y desarrollo tecnológico de estos se ha dado en las últimas décadas de este siglo.

En la actualidad los adhesivos tienen un gran uso industrial y día a día crece el número de aplicaciones y usos que se les dan.

Los adhesivos termofusibles también conocidos con el nombre de Hot Melt, son los que en los últimos años han tenido un mayor crecimiento, el desarrollo de éstos empezó a partir de los años sesentas, siendo en la actualidad uno de los más importantes dentro de esta industria. Estos han sustituido áreas de aplicación en las que anteriormente se utilizaban adhesivos base acuosa y solvente.

El gran desarrollo que han tenido este tipo de adhesivos se debe a que los usuarios han aprovechado las ventajas que presentan, siendo la de mayor relevancia su rápido secado al formar la unión de los materiales que se desean pegar, lo que permite incrementar la velocidad de producción en los procesos de pegado, así como utilizar un equipo de aplicación compacto de alta velocidad.

Los adhesivos termofusibles base EVA son los de mayor uso dentro de los adhesivos termofusibles teniendo múltiples aplicaciones, siendo los consumidores más importantes la industria del cartón, encuadernación y madera.

El presente trabajo está enfocado al estudio de los adhesivos termofusibles base EVA por lo que para tener una comprensión clara de su funcionamiento se presentan los fundamentos de adhesión revisando como se lleva a cabo la formación de la unión adhesiva, los factores que influyen en la adhesión, las causas que originan una falla de la unión adhesiva, así como los requisitos necesarios para una buena unión.

El uso de los adhesivos termofusibles tienen sus ventajas y desventajas con respecto a los adhesivos base acuosa y base solvente; por lo que se revisan éstas con el propósito de tener un amplio panorama de los diferentes adhesivos.

Una vez que se conoce el proceso de adhesión se estudian los adhesivos termofusibles base EVA definiendo las propiedades que tienen, su comportamiento en las uniones adhesivas, sus diferentes usos y presentación, las ventajas y desventajas que tiene su uso.

Para que el adhesivo cumpla adecuadamente su función es importante que se formule de acuerdo al uso que se le va a dar y al proceso de aplicación, siendo cada adhesivo único en su formulación.

Con el propósito de conocer el comportamiento de los adhesivos termofusibles base EVA se estudia su composición revisando la importancia que tienen cada una de las materias primas que los componen. Analizándose como influyen en las propiedades del adhesivo, sugiriéndose

formulaciones típicas de acuerdo a las diferentes aplicaciones en las que se utiliza como son: encuadernación, etiquetado, empaque, calzado, muebles y presión sensitiva.

Una vez que el adhesivo ha sido formulado y éste se fabrica , es importante que cumpla con las propiedades que se requieren, para esto se cuenta con métodos de evaluación de los que se incluyen los más importantes para asegurar que el adhesivo cumple con las especificaciones establecidas, funciona adecuadamente durante su aplicación y la unión adhesiva resiste las condiciones a las que se someterá durante su uso.

Como las propiedades del adhesivo también dependen del proceso de aplicación se incluyen los sistemas de aplicación existentes para los adhesivos termofusibles base EVA revisando los factores que influyen en la selección del sistema de aplicación, así como en la selección del Hot Melt.

Por último se describen los procesos de fabricación de los adhesivos termofusibles base EVA, presentándose los procesos de fabricación Batch y continuo en una planta de adhesivos.

La realización de este trabajo tiene los siguientes objetivos:

- 1.- Dar a conocer en que consiste el proceso de adhesión de dos superficies mediante el uso de un adhesivo.
- 2.- Determinar el efecto que tiene el copolímero de vinil acetato que es la materia prima más importante en la formulación de un adhesivo termofusible base EVA. Así como establecer la influencia de las otras materias primas (resinas, ceras, plastificantes, antioxidantes) que lo componen.
- 3.- Con el análisis de las materias primas y los usos que tienen los adhesivos termofusibles base EVA establecer las formulaciones típicas para este.
- 4.- Estudiar las propiedades y características de los adhesivos termofusibles base EVA, los métodos de evaluación que se les realiza, los sistemas de aplicación en los que se utiliza y su proceso de fabricación.

I GENERALIDADES

1.1 Historia de los adhesivos

Los adhesivos son sustancias que en la mayoría de los casos son imperceptibles, y son pequeños en volumen comparados con los materiales que unen tales como: vidrio, madera, papel, cartón plástico, etc.

Los adhesivos han sido utilizados desde la antigüedad. En los murales de Tebas, de hace 3000 años se ven dibujados recipientes de goma y cepillos que se utilizaban para aplicar los adhesivos de esa época.

En el palacio de Knossos en Creta se utilizó cal húmeda para unir diferentes tipos de pigmentos. Los Egipcios usaron la goma arábiga del árbol de la acacia, el huevo, el bálsamo y las resinas de los arboles, para la decoración de los ataúdes.

En la época de los Romanos, sus naves las calafateaban con madera de pino y cera de abeja.

Anticipándose al laminado y al circuito impreso, Plinio describe la unión de la lámina de oro al papel utilizando huevo como pegamento, también hacía argamasa para pájaros que era un adhesivo sacado del jugo de muérdago, que se untaba en las ramas para atraparlos.

En el siglo XIX se utilizaban las especialidades de adhesivos, tales como: gomas de pescado, cuernos de venado, queso para arreglar esculturas ó caseína (a base de queso de leche de vaca).

En la antigüedad se usaron una gran variedad de materiales de origen natural, es así como desde la antigüedad y hasta nuestros días el adhesivo ha sido específico para el tipo de adherente que se desea unir.

Excepto por la producción de los cementos de hule y piroxilina hechos hace 100 años, la tecnología de los adhesivos avanzo poco hasta el siglo XX . Siendo en estas ultimas décadas en las que se han mejorado los adhesivos naturales y han surgido nuevos adhesivos sintéticos.

Actualmente, los adhesivos son componentes esenciales para unir infinidad de materiales y productos como: maderas, sobres, estampillas, automóviles, zapatos, cintas para pegar y sellar muebles, cartones, productos sin textura como fibras sintéticas y polietileno, etc. Como ejemplo: Se sabe que un avión requiere de más de 300 kg. de adhesivo para pegar y unir entrepaños, interiores de puertas, gabinetes de almacenamiento, bastidores para maletas, entrepaños para el piso, techos interiores de cabinas, salas, etc.

Los adhesivos son también esenciales para la industria de la construcción, para decoración de interiores y se están encontrando cada vez más usos de los adhesivos en todos los ramos industriales, comerciales y del hogar.

A continuación se presenta la definición general de adhesivos.

1.2 “ Definición de adhesivos”

Los adhesivos son materiales que proporcionan la unión de los sustratos sobre los cuales se han aplicado.

Los elementos que participan en la unión son el adhesivo y el adherente (sustrato sobre el cual se aplica el adhesivo).

En forma general, un adhesivo es una sustancia capaz de mantener juntos dos materiales por medio de una unión de superficies.

1.2.1 Fundamentos de adhesión

Una buena adhesión entre superficies depende de que tan cercano sea el contacto molecular entre ellas. Las fuerzas involucradas en la adhesión son de gran ayuda pero solo actuarán sobre distancias muy cortas que son menores a un nanómetro.

Sí al observarse con un microscopio las superficies de un material y estas fueran totalmente lisas el solo contacto y compresión de las superficies produciría una unión satisfactoria. Sin embargo la realidad es que las superficies no son lisas sino que tienen rugosidad formada por picos y depresiones tal y como se muestra en la figura 1.2-1



Figura 1.2-1 Superficie rugosa

Si se ponen en contacto dos superficies se tendrá que solo algunas moléculas se tocarán, quedando huecos entre las áreas de contacto. Es por esta razón que sí se desea unir dos superficies es necesario utilizar un adhesivo aplicado entre las mismas, el cual humecte y llene los huecos o depresiones que existen entre los picos de las superficies de tal forma que se alcance un contacto molecular entre ellas (figura 1.2-2).

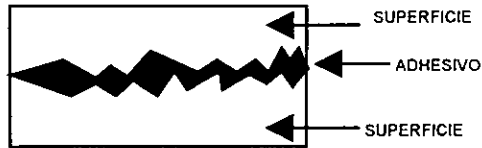


Figura 1.2-2 Unión de dos superficies con adhesivo

Las moléculas más polares de una superficie hacen que esta sea más fácil de humectar y unir con un adhesivo líquido polar.

Un ejemplo de esto es cuando juntamos dos vasos de vidrio mojados o dos platos de vidrio, al juntarlos en medio de las áreas de contacto queda el agua, la cual es un líquido polar.

Los grupos polares en la superficie del vaso de vidrio atraen a las moléculas de agua por lo que esta se distribuye a través de la superficie en los picos y depresiones que esta tiene humectando el vidrio y formando la unión de los dos vasos o platos.

Si tratamos de separar los vasos o platos de vidrio unidos con el agua sentiremos una fuerza de adhesión cuando tratamos de separarlos.

Si decidiéramos solidificar el agua que hay entre los vasos veríamos que la superficie permanecería unida por la formación de una película de hielo.

El agua por si sola no puede utilizarse como adhesivo como en el ejemplo anterior, ya que tiene bajo punto de fusión por lo que no solidificaría a condiciones ambientales, sin embargo es un excelente vehículo para transportar otros materiales en solución o dispersión, los cuales después de remover toda el agua solidifican formando una película entre los sustratos.

En conclusión al ejemplo anterior se puede decir que las bases esenciales para la formación de una buena unión son las siguientes:

- a) La utilización de un adhesivo líquido el cual humecte las superficies que serán adheridas debido al contacto molecular entre ellas.
- b) La solidificación del adhesivo líquido entre las superficies.

El proceso de solidificación del adhesivo líquido dependerá del tipo de adhesivo que se utilice, así como del tipo de superficie que se desea unir.

Un adhesivo se caracteriza por tener moléculas de fuerte atracción siendo los materiales más utilizados los polímeros naturales o sintéticos, ya que en su mayoría tienen esta característica.

Los polímeros que se utilicen como adhesivos pueden estar disueltos en agua o en un solvente orgánico, también pueden mezclarse con otros materiales sólidos para ser aplicados como adhesivos hot melt 100% sólido, otra forma de aplicarlos es como líquidos parcialmente polimerizados, los cuales al estar entre las superficies terminan de polimerizar formando la unión de las superficies al solidificar.

1.2.2 Formación de la unión

Los adhesivos líquidos pueden solidificar en varias formas siendo las más importantes las siguientes:

a) Aplicación del adhesivo fundido a alta temperatura, el cual al enfriar solidifica formando la unión de superficies.

Este tipo de adhesivos son conocidos como hot melts o adhesivos termofusibles.

b) Aplicación del adhesivo líquido a temperatura ambiente.

En este tipo de adhesivos el polímero está en solución o bien disperso en agua o en un solvente orgánico.

La solidificación de la película de adhesivo se realiza cuando el agua o el solvente orgánico comienzan a ser absorbidos y se evaporan de los sustratos.

Un ejemplo de un adhesivo líquido de origen natural soluble en agua son las dextrinas y almidones. Cuando se aplica este tipo de adhesivos, la solidificación de la película dependerá de la velocidad de absorción y evaporación del agua.

También se tiene el caso de la cola animal en solución, la cual después de ser aplicada como líquido caliente al enfriarse forma un gel desarrollándose una unión inicial en húmedo antes de que seque totalmente y solidifique.

Otro tipo de adhesivos son los que están compuestos por polímeros sintéticos como el polímero de vinil acetato u otros copolímeros. En estos el adhesivo está formado por la dispersión del polímero en agua por lo que es una emulsión de adhesivo, la cual solidifica más rápido que las soluciones de adhesivo base agua.

Esto se debe a que las partículas muy finas del polímero se suspenden en la fase acuosa.

Este tipo de adhesivos son generalmente de baja viscosidad y penetran rápidamente en sustratos porosos, por lo que las partículas de polímero se juntan y forman una película de adhesivo.

En los adhesivos disueltos en un solvente orgánico como es el caso de algunos polímeros sintéticos como el neopreno, poliuretano o resinas acrílicas, se utiliza la alta volatilidad del solvente orgánico para lograr una rápida solidificación de la unión, y por lo tanto una unión rápida.

c) Aplicación del adhesivo parcialmente polimerizado. En este tipo de adhesivos el polímero tiene una polimerización parcial. Después de ser aplicados estos terminan de polimerizar mediante la adición de un catalizador o el curado de estos por la aplicación de calor formándose así la unión. Este es el caso de adhesivos a base de poliéster, epóxicas y poliuretanos.

d) La solidificación puede lograrse mediante la combinación de los métodos (b) y (c). En estos tipos de unión se aplica el polímero parcialmente polimerizado como una solución o dispersión, el solvente volátil se disipa y la película se forma mediante el curado del polímero.

1.2.3 Falla de la Unión.

Las uniones adhesivas pueden fallar adhesiva o cohesivamente.

Falla Adhesiva

Son fallas entre la interface del adhesivo y el adherente, por ejemplo si una cinta de presión sensitiva se arranca totalmente de una superficie de vidrio tenemos una falla adhesiva ya que el adhesivo se separa totalmente de la superficie. En la siguiente figura 1.2-3 se representa una falla adhesiva.

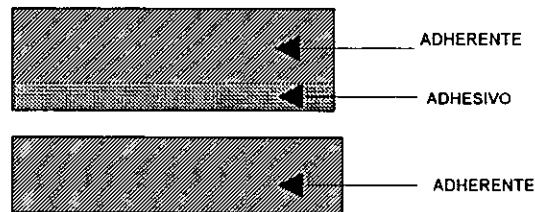


Figura 1.2-3 Representación de una falla adhesiva.

Falla cohesiva.

Es la falla de la película de adhesivo permaneciendo éste en ambas superficies. Cuando el adherente falla antes que el adhesivo se llama una falla cohesiva del sustrato. En la figura (1.2-4) se ilustra este tipo de falla.



Fig. 1.2-4 Representación de falla cohesiva

La falla cohesiva del adhesivo en uno de los adherentes es lo ideal ya que para lograr este tipo de falla se tiene que alcanzar la máxima fuerza para lograr la separación de la unión o el rompimiento / desgarre del adherente.

Cuando se evalúa una unión adhesiva sometiéndola a una prueba de destrucción se obtiene el modo de falla el cual se expresa como el porcentaje de falla cohesiva o adhesiva. El valor ideal a obtener es un 100% de falla cohesiva.

El módulo de falla no es el único criterio para evaluar la resistencia de las uniones adhesivas. Algunas combinaciones de uniones adhesivos - adherentes pueden fallar en adhesión pero la unión tiene una resistencia igual que si se utiliza un adhesivo más débil que falla cohesivamente. La fuerza de separación de la unión es un criterio más importante que el modo de falla. El análisis del modo de falla no determina totalmente la falla de la unión ya que esta también puede deberse a una inadecuada preparación de la superficie.

Las causas exactas de una falla prematura del adhesivo son muy difíciles de determinar. Si el adhesivo no humecta bien la superficie también se tendrá una unión deficiente.

La evaluación de la falla de las uniones adhesivas se realiza utilizando un dinamómetro en el que se mide la fuerza requerida para separar la unión adhesiva determinándose durante la prueba si la falla de la unión es adhesiva o cohesiva, registrándose la fuerza necesaria que se aplica para la separación de las superficies.

1.3 Factores que influyen en la adhesión.

1.3.1 Factores reológicos

En procesos en los que se requieren altos volúmenes de producción los adhesivos que se emplean pueden ser aplicados de varias formas.

El objetivo de un sistema de aplicación de adhesivo es controlar la cantidad que se va aplicar a fin de tener la cantidad correcta en el tiempo preciso, pero esto no es tan fácil como parece ya que la mayoría de los sistemas de aplicación someten al adhesivo líquido a esfuerzos mecánicos como es el bombeo o la agitación.

En los adhesivos de polímero en dispersión es muy importante la estabilidad que estos tienen al someterlos a un esfuerzo mecánico ya que este puede afectar la viscosidad del adhesivo, así como las propiedades de flujo necesarias para una aplicación eficiente.

Sí el adhesivo tiene poca resistencia al esfuerzo mecánico pueden ocurrir cambios de viscosidad, ya sea que esta se incremente o disminuya drásticamente ocasionando problemas de aplicación del adhesivo y de limpieza del equipo.

El comportamiento de flujo o reología de un líquido consiste básicamente en el estudio de la viscosidad del líquido a una determinada temperatura cuando se aplican diferentes esfuerzos cortantes. Para el estudio del comportamiento del flujo de líquidos se utiliza un viscosímetro rotacional que consiste en dos cilindros coaxiales, entre los cuales la sustancia que se desea medir se coloca.

En un sentido reológico los líquidos como el agua tienen un comportamiento de flujo Newtoniano, lo cual significa que la viscosidad del líquido no se ve afectada por diferentes fuerzas de corte.

Los adhesivos de polímero en dispersión con 30% en volumen de contenido de sólidos también siguen este tipo de comportamiento de flujo, pero a medida que se incrementa el contenido de sólidos tienden a incrementar su sensibilidad a las fuerzas de corte.

En la realidad un adhesivo de polímero en dispersión cuyas partículas sean en su mayoría esféricas tendrá un comportamiento estable de la viscosidad en concentraciones de sólidos del 35-40% en volumen, pero en concentraciones del 50 al 60%, el adhesivo es más sensible al esfuerzo cortante lo que origina cambios en su viscosidad.

En algunas dispersiones la viscosidad se incrementa con el esfuerzo cortante. A esta condición se le conoce como dilatación o esfuerzo de espesamiento, en otros casos la viscosidad del adhesivo disminuye al someterse a un esfuerzo cortante a lo que se conoce como pseudoplástico o esfuerzo de adelgazamiento.

En la siguiente figura (1.3-1) se presentan los diferentes comportamientos reológicos que puede tener un adhesivo.

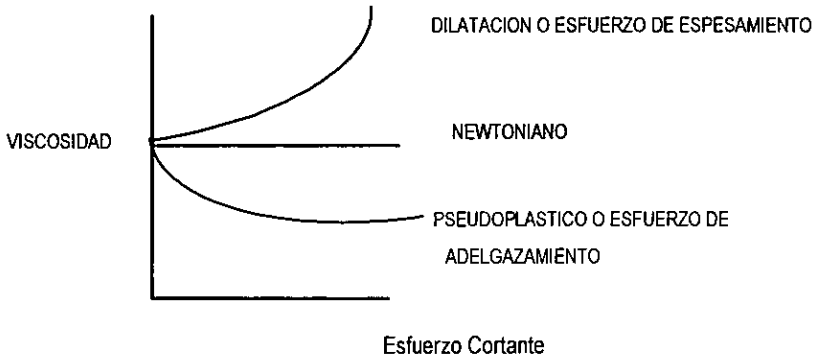


Figura 1.3-1 Diferentes tipos de Comportamiento Reológico

Para una aplicación eficiente es deseable tener en los sistemas de aplicación un adhesivo que combine una fase líquida con alto contenido de sólidos para una rápida solidificación y que tenga propiedades de flujo cercanas a un líquido Newtoniano. Lo importante es tener un balance entre las características de flujo del adhesivo y el contenido de sólidos para lograr una aplicación y adhesión satisfactoria.

1.3.2. Tiempo Abierto

El adhesivo debe ser lo suficientemente líquido en el punto de compresión de las dos superficies para humectarlas adecuadamente.

El tiempo abierto se define como el intervalo de tiempo después de la aplicación de la película de adhesivo en una superficie, durante la cual éste permanece lo suficientemente líquido para permitir que la segunda superficie se una satisfactoriamente a la primera.

El tiempo abierto puede ser controlado ajustando el espesor de la película aplicada, pero el tipo de adhesivo y su composición son también muy importantes.

Si un adhesivo de dispersión base acuosa se aplica en una superficie porosa, el tiempo abierto será largo dependiendo del contenido de sólidos y la viscosidad del adhesivo así como de lo rápido que el agua se disipe del sustrato.

El tiempo abierto también se ve afectado por la temperatura de trabajo, por el calor específico, la porosidad y contenido de humedad del sustrato . Ya que todos estos factores influyen en la velocidad de absorción o evaporación del agua.

En el caso de adhesivos termofusibles hot melt el tiempo abierto dependerá del tiempo que tarda el producto en solidificar, lo cual es muy rápido ya que el hot melt solidifica al enfriarse.

1.3.3. Tack

Este se define como la fuerza cohesiva inicial (pegajosidad) de la película de adhesivo antes de solidificar. Esta propiedad puede ser importante si el tiempo de compresión es corto y hay esfuerzos en la unión antes de que el adhesivo solidifique.

El tack permite mantener las dos superficies unidas aún cuando no hay solidificación del adhesivo.

1.3.4 Compresión

Después de la aplicación del adhesivo y la formación inicial de la unión, una buena compresión de las dos superficies es muy importante para mantener la unión antes de que el adhesivo solidifique. Si una de ambas superficies es porosa, un incremento en la cantidad de compresión puede acelerar la solidificación de la película de adhesivo.

En una dispersión base acuosa la velocidad de la fuerza de unión se desarrolla al incrementar la presión ya que la fase acuosa se disipa rápidamente del sustrato.

1.3.5 Solidificación

En la adhesión la solidificación del adhesivo es muy importante ya que es cuando se realiza la unión definitiva de los sustratos.

La solidificación depende del tipo de composición del adhesivo, en los adhesivos en solución o dispersión la compresión afecta la velocidad de solidificación de estos. Los mismos factores que influyen en el tiempo abierto de una película de adhesivo aplicada también afectan la solidificación del adhesivo cuando las superficies han sido unidas siendo estos:

La característica de la superficie y su porosidad, el contenido de humedad del sustrato, temperatura del sustrato, temperatura de aplicación, la temperatura y espesor de la película de adhesivo aplicada.

1.4 Principios básicos de adhesión

Una unión adhesiva se define como el proceso de unir dos materiales mediante un adhesivo, el cual es una sustancia capaz de mantener tales materiales juntos por la unión de superficies.

Es importante conocer como se realiza la adhesión para tener los elementos suficientes para la selección del adhesivo a utilizar de acuerdo a los materiales que se desean unir para lograr un buen sistema de adhesión. Para esto se tienen que conocer las propiedades de los adhesivos y su comportamiento con los adherentes, de lo contrario se caería en un método de prueba y error que sería muy costoso e ineficiente.

Existen dos tipos de adhesión, el primero involucra a un adhesivo, mientras que el segundo es la unión por fuerzas mecánicas en donde la adherencia es muy improbable.

En nuestro caso se estudiará el primer tipo de adhesión en el que se utiliza un adhesivo. Dentro del sistema de adhesión se tienen dos términos que en ocasiones llegan a confundirse. Estos son:

- Adhesión
- Cohesión

Adhesión

La adhesión es la unión de dos materiales diferentes, siendo estos el adhesivo y el adherente (sustratos).

En el proceso de adhesión ocurre la unión de la moléculas de adhesivo con la unión de las moléculas del adherente (sustrato).

La adhesión la podemos ver cuando despegamos una caja de cartón o una etiqueta observando como en algunas zonas el adhesivo se mantiene unido (pegado) en una de las áreas del sustrato o adherente.

Cohesión

La cohesión es la unión del mismo material. Esta se da entre las moléculas del mismo adhesivo.

La cohesión se puede observar cuando un adhesivo líquido va solidificando, si en ese momento tratamos de separar las superficies unidas notaremos que es necesario aplicar mayor fuerza ya que el adhesivo formará hilos, teniendo una apariencia chiclosa y pegajosa que se debe a la unión de las moléculas de adhesivo (cohesión) que está ocurriendo a medida que este se solidifica.

Después de que se ha alcanzado un contacto entre el adhesivo y el adherente a través de la humectación, se logra una adhesión permanente como resultado de las fuerzas de atracción molecular.

Durante la adhesión y cohesión que se presenta en un sistema de adhesión se desarrollan cuatro tipos de uniones químicas. Siendo estas las siguientes:

Uniones primarias

1.4.1. Uniones iónicas o Electrovalentes

1.4.2. Uniones Covalentes

1.4.3. Uniones Metálicas

Uniones secundarias

1.4.4. Fuerzas de Vander Waal's

1.4.1 Uniones iónicas o Electrovalentes

Un ejemplo de unión iónica es el cloruro de sodio.

El sodio en su última órbita tiene un electrón que cede al cloro que tiene siete en su última órbita, así el sodio da carga positiva y el cloro carga negativa neutralizándose y estabilizándose la configuración.

Las uniones iónicas son estudiadas principalmente por la química inorgánica y se dan en uniones metálicas y no metálicas. Este tipo de uniones son muy fuertes, estables al calor, pero se disocian fácilmente con disolventes polares como el agua.

Las fuerzas electrovalentes contribuyen muy poco a la energía de cohesión y adhesión debido al equilibrio de cargas electrostáticas.

1.4.2. Uniones covalentes

Este tipo de unión esta formada por la acción de pares de electrones similares.

Esta unión es no polar. Los enlaces covalentes simples son los que involucran la interacción de dos electrones, cuando es doble de cuatro, triple de seis, etc., las uniones covalentes simples involucran a sólidos, líquidos y gases.

Las uniones covalentes se encuentran en los sistemas de adhesión, estos tipos de unión por su naturaleza son fuertes no rompiéndose con cualquier esfuerzo mecánico.

1.4.3 Uniones metálicas

En este tipo de unión los átomos están sostenidos en celda o enrejados por fuerzas de atracción y repulsión asociados a nubes de electrones. Los electrones se encuentran en constante movimiento.

La superficie de los metales cuando se encuentran libres de óxido, tienen algunos electrones libres para ocupar sitios disponibles en la unión de un adhesivo.

1.4.4 Fuerzas de Van Der Waal's

Estas son fuerzas de atracción débiles resultantes del extravío o desorden de cargas en el campo de uniones covalentes.

Las fuerzas de Van Der Waal's generalmente se han clasificado en tres:

Fuerza de Keesom, Fuerzas de Debye y Fuerzas de London. Estas diferentes fuerzas de atracción y repulsión actúan en distancias moleculares.

Fuerzas de Keesom

Estas son el resultado de la interacción permanente de dos dipolos. Un dipolo se forma de la acción desigual de un par de electrones al momento que se hace una unión covalente, desplazándose la nube de electrones y formando el dipolo. Al grado de desplazamiento de los electrones se le llama momento dipolo. Muchos ejemplos de momentos dipolo permanentes se tienen en moléculas orgánicas siendo estos de extrema importancia en los adhesivos y acción adhesiva, ejemplos específicos de dipolos son la unión de carbón con oxígeno, carbón con nitrógeno etc. En cetonas el grupo carboxilo es un ejemplo de un dipolo permanente.

Fuerzas de Debye

Son el resultado de la interacción permanente de un dipolo con un sistema de unión capaz de provocar un estado de polaridad.

Muchos sistemas son capaces de provocar dicho estado especialmente la unión Carbón - Carbón.

Fuerzas de London

Estas fuerzas también llamadas de dispersión son el resultado de la polimerización de una molécula por otra, provocada por la oscilación de nubes electrónicas, siendo estas últimas más débiles.

Las fuerzas de Van Der Waal's se incrementan con el tamaño de molécula lo que explica la extraordinaria fuerza cohesiva de los polímeros con alto peso molecular.

Muchas de las uniones entre adhesivos y adherentes son físicas en la interface, de ahí la importancia de los grupos polares como el carboxil, carbonil, nitro, hidroxil, nitrilo, sulfonil, amidas, etc. Por lo tanto la unión más fuerte dependerá de la densidad de grupos polares.

Para tener una buena adhesión es necesario además de contar con grupos polares tener altos pesos moleculares. El nitrobenzeno, alcohol etílico y el ácido acético presentan buenos grupos polares para la unión en la interface adhesivo, adherente pero carecen de un elevado peso molecular, por lo que son adhesivos pobres.

1.5 Requisitos para una buena unión

Los requisitos básicos para una buena unión del adhesivo son los siguientes:

- Características y limpieza de la superficie
- Humectación
- Apropiada selección del adhesivo
- Buen diseño de la unión

Características y limpieza de la superficie

Gran parte del éxito de una buena unión depende del conocimiento que se tenga de la superficie que se desea unir.

Si con un microscopio observamos la superficie de un sólido veremos que esta formada por picos y depresiones tal y como se muestra en la siguiente figura:

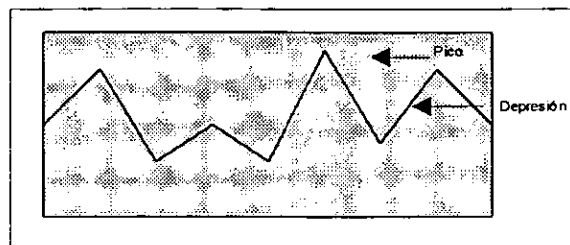


Fig. 1.5-1 Superficie de un sólido

La cantidad y altura de los picos, así como las depresiones que tenga la superficie nos indicará que tan pulida es la superficie.

Entre menos picos y altura de estos, así como menos depresiones la superficie es mas pulida. Superficies altamente pulidas son excelentes para moldes de hule y plástico donde es crítico que haya rugosidad o porosidad de los materiales que se están moldeando.

En el caso de uniones adhesivas se necesitan superficies menos pulidas con el propósito de que el adhesivo pueda quedar entre los huecos que se forman entre los picos y depresiones.

Otra propiedad importante del adhesivo para con la superficie es la fluidez. El adhesivo debe fluir a lo largo y ancho de toda la superficie, cubriendo porosidades, desplazando el aire cuidando de no ocluir este último al momento de unirse el adhesivo con el adherente.

En materiales porosos como la madera o el papel se debe tener cuidado de que el adhesivo no penetre por ellos debido a que puede afectar su volumen y propiedades hinchándolos, ya que en la superficie no se tendrá la cantidad adecuada de adhesivo para realizar una buena unión.

Limpieza de la superficie

Para obtener una buena unión adhesiva es importante que las superficies a unir estén limpias. Materiales ajenos a la superficie, tales como, suciedad, polvo, aceites, humedad y óxido deben ser removidos de la superficie antes de realizar la unión con adhesivo.

Humectación

La adhesión de dos materiales resulta del contacto molecular entre los materiales y las fuerzas de superficie que se desarrollan. El proceso de establecer un contacto continuo entre el adhesivo y el adherente se llama humectación.

En la figura 1.5-2 se presenta el caso de una buena y una deficiente humectación de un adhesivo aplicado sobre una superficie.

Una buena humectación se obtiene cuando el adhesivo fluye dentro de los picos y depresiones que tiene la superficie del sustrato.

Una humectación deficiente se tiene cuando el adhesivo no fluye adecuadamente en las depresiones que tiene la superficie manteniéndose sobre los picos de ésta, dando como resultado una reducción del área de contacto entre el adhesivo y el adherente; por lo que se logra una unión débil.

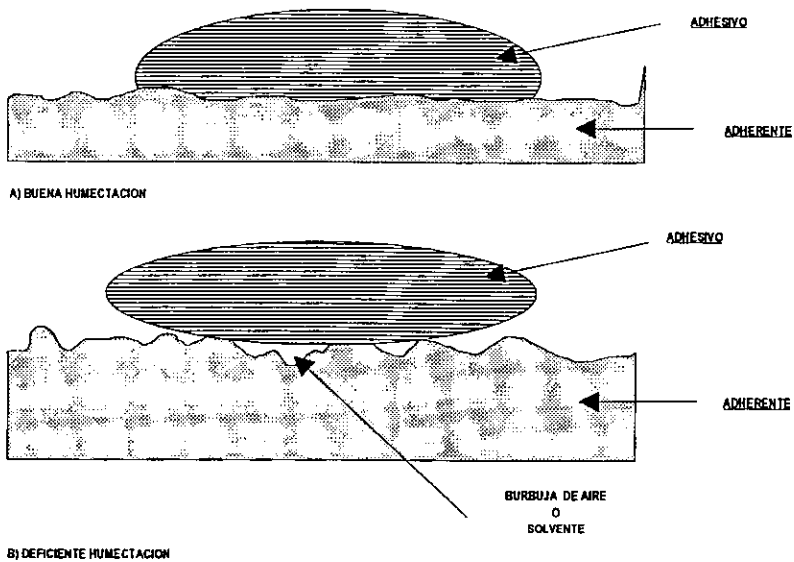


Figura 1.5-2. Ejemplo de una buena y una deficiente humectación del adhesivo aplicado sobre una superficie.

Después de que se logra un íntimo contacto entre el adhesivo y el adherente a través de la humectación se alcanza la adhesión permanente.

Solidificación

Una vez aplicado el adhesivo líquido, este debe ser capaz de convertirse al estado sólido. El método por el cual el adhesivo solidifica depende de las características del adhesivo seleccionado. Las diferentes formas en las que los adhesivos líquidos se convierten a sólidos son:

- Reacción química por una combinación de calor, presión y agente de curado.
- Enfriamiento del adhesivo que se aplica fundido
- Secado como resultado de la evaporación del solvente.

Selección del adhesivo

Para la selección de un adhesivo se deben tomar en cuenta varios factores dependiendo del tipo de aplicación.

A continuación se presentan los principales factores que influyen para la selección del adhesivo.

Factores que influyen en la selección del adhesivo.

1) Material que se desea unir

2) Servicios requeridos por la unión

+ Esfuerzo al que estará sometido el material unido (tensión, compresión, impacto, fatiga, pelado, etc.)

+ Factores Químicos

Externos Agentes Químicos, incluyendo solventes, álcalis, ácidos, etc.

Internos Efecto del adhesivo en el adherente, ejemplo, si lo hace quebradizo

3) Factores ambientales

- Humedad
- Luz (Importante solo con adherentes traslúcidos)
- Oxidación
- Temperaturas extremas
- Factores Biológicos (Bacterias, Hongos, Roedores)

4) Requisitos funcionales especializados (Ejemplo conductividad Térmica o Eléctrica)

5) Requerimientos de producción

- Método de aplicación
- Rango de unión
- Condiciones de curado (Tiempo contra temperatura)
- Estabilidad durante almacenamiento
- Tiempo de vida

6) Costo

7) Riesgos del uso del material

Diseño de la unión

El diseño de la unión es importante y debe ser considerada para que se tengan todas las ventajas de las propiedades del adhesivo.

1.6 Clasificación de los adhesivos

Los adhesivos pueden clasificarse por su origen, por su naturaleza o por su uso, siendo la clasificación mas general de estos la siguiente:

1. Base Acuosa
2. Base Solvente
3. Termofusibles (Hot Melt)

1. Base Acuosa

En los adhesivos base acuosa su solvente es el agua y pueden ser tanto naturales como sintéticos.

Dentro de los adhesivos base acuosa naturales están los de origen vegetal como son almidones, dextrinas y los de origen animal como caseína, goma de pescado y proteínas animales.

En los adhesivos base acuosa sintéticos se utilizan diferentes tipos de polímeros, tales como PVA (Polímero de polivinil acetato), EVA (Copolímero de etilen vinil acetato), resinas elastoméricas, acrílicas, poliéster no saturadas y látex (estireno / butadieno).

2. Base Solvente

En este tipo de adhesivos su solvente es orgánico, (tolueno, acetona, etanol, MIBK, etc.). También se les llama cementos de contacto.

Estos están compuestos de polímeros como epóxicas, poliuretano, polisulfuro de hule y de los productos de reacción del formaldeído con fenol, resorcinol, urea y melamina.

3. Termofusibles (Hot Melt)

Estos son adhesivos termoplásticos 100% sólidos que no contienen solvente y su aplicación es en caliente. También se conocen con el nombre de Hot Melt.

Están compuestos de resinas termoplásticas, tales como polietileno, copolímeros de etileno, poliamidas y hule sintéticos.

1.7 Ventajas y Desventajas

Una vez que tenemos la clasificación general de los adhesivos, el uso de estos dependerá de varios factores. Entre los que se encuentran el tipo de sustrato que se desea unir, el equipo de aplicación, la rapidez del pegado, etc.

La selección del uso de un determinado tipo de adhesivo dependerá de las ventajas que éste tenga para el proceso de aplicación.

A continuación se presentan las ventajas y desventajas que tienen los diferentes tipos de adhesivos.

Ventajas

Base Acuosa	Base Solvente	Termofusibles
1.- No contienen solventes inflamables.	1.- No requieren equipo sofisticado de aplicación.	1.- No contienen solventes inflamables.
2.- No requieren equipo sofisticado de aplicación.	2.- Excelente resistencia al desgarre (mediano tiempo de aplicación).	2.- Excelente resistencia al desgarre (inmediato).
3.- Excelente resistencia al desgarre (a largo tiempo de aplicación).	3.- No requieren prensado por tiempos largos.	3.- No requieren prensado por tiempos largos.
4.- Bajo costo	4.- Adhesión en tiempos cortos	4.- Adhesión de inmediato
5.- Son biodegradables	5.- Buena resistencia al agua	5.- Excelente resistencia al agua.
6.- No tóxicos	6.- Excelente flexibilidad	6.- Buena resistencia a la temperatura.
		7.- Tiempo de vida indefinido.

Desventajas

Base Acuosa	Base Solvente	Termofusibles
1.- Lenta adhesión	1.- Contienen solventes tóxicos e inflamables.	1.- La aplicación es por temperatura.
2.- Excesivo tiempo de secado	2.- Bajo contenido de sólidos	2.- Requiere de un control mas preciso para su aplicación
3.- Pobre resistencia inmediata	3.- La aplicación es en ambas superficies a unir.	3.- Se requiere de equipo para su aplicación.
4.- Largos tiempos de prensado.	4.- Requiere de un tiempo de secado antes de unir los sustratos.	4.- Si se calientan por mucho tiempo a alta temperatura tienden a carbonizar.
5.- Baja resistencia a la humedad.	5.- Son contaminantes del medio ambiente.	
6.- Corto tiempo de vida útil.		
7.- Riesgo de descomposición.		

II ADHESIVOS TERMOFUSIBLES BASE EVA

2.1 Antecedentes y definición de adhesivos termofusibles

El uso de adhesivos termofusibles data desde la antigüedad cuando cartas y documentos legales se sellaban con cera y se marcaban con sellos.

Durante siglos se han utilizado adhesivos termofusibles aprovechando el rápido enfriamiento que tienen ciertos materiales, dentro de éstos, se pueden mencionar industrias, tales como: el vidrio, jade, metales, empaques, envases, construcción, etc.

Los primeros adhesivos que se utilizaron fueron de origen natural como la cera. Sin embargo después de la segunda guerra mundial el advenimiento del polietileno de bajo peso molecular y copolímeros de etileno influyó en la expansión y uso de adhesivos termofusibles sintéticos que utilizan estos productos como materias primas.

Un desarrollo ya importante en este tipo de adhesivos se da a finales de los años sesentas siendo a partir de esta fecha uno de los adhesivos con mayor crecimiento que se ha aplicado en áreas en las que antes predominaba el uso de adhesivos base acuosa y solvente a los que ha sustituido.

Los adhesivos termofusibles son de diversos materiales, tales como asfaltos, ceras, Terpenos, resinas, etc., sin embargo este estudio está enfocado a los adhesivos termofusibles base EVA también conocidos con el nombre de Hot Melt.

La definición de un adhesivo termofusible (Hot Melt) es la siguiente:

“ Compuesto termoplástico 100% sólido. A temperatura ambiente son normalmente sólidos y son líquidos cuando se calientan a temperaturas elevadas. Estos son aplicados a los sustratos en forma de líquidos calientes”.

Este tipo de adhesivos se aplican en caliente pasando al estado líquido, humectando los sustratos y formando la unión al enfriarse y solidificar sin presentar cambios en su composición química. No contienen agua ni solventes volátiles.

Todos los adhesivos deben ser capaces de fluir sobre el sustrato y “ mojarlo ” para que pueda ocurrir una adhesión.

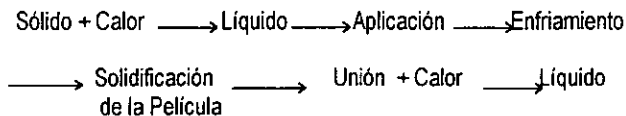
Para poder fluir muchos adhesivos se disuelven en un medio volátil tal como el agua o solventes, el cual se evapora dejando solidificado el adhesivo sobre el sustrato formando el enlace. Los Hot Melts no usan ningún solvente volátil, en lugar de esto, son fundidos antes de ser aplicados, la disipación del calor permite que el Hot Melt se solidifique y forme el enlace.

El uso de calor ofrece varias ventajas: El calor se disipa mucho más rápido de lo que se volatiliza un líquido, aún a través de sustratos impenetrables por el agua. La rápida disipación del calor causa una rápida formación del enlace y un tiempo significativamente más corto de secado haciendo al Hot Melt más apropiado para aplicaciones de alta velocidad. Debido a que el Hot Melt no tiene solvente permite que puedan ser fabricados y almacenados en pequeñas presentaciones por largos períodos de tiempo sin que exista el riesgo de que se congele, separe o descomponga.

2.2 Propiedades de los Adhesivos Termofusibles (Hot - Melt)

Los Hot Melt son materiales termoplásticos que funden gradualmente en un amplio rango de temperaturas, lo cual puede causar ciertos problemas durante su uso a menos que se conozca y entienda su funcionamiento.

Con el propósito de tener un mejor conocimiento de los adhesivos Hot Melt empezaremos por explicar el ciclo funcional por el que atraviesan, el cual consiste en las siguientes etapas.



Es importante conocer las etapas de transición por las que atraviesa un Hot Melt durante su uso con el propósito de obtener las ventajas que ofrece cada etapa para lograr una buena unión de superficies.

Se entenderá mejor el comportamiento del adhesivo Hot Melt si hablamos del cambio del Hot Melt sólido a líquido para la aplicación del adhesivo y el cambio de líquido a sólido para la formación de la unión. Después de la aplicación y solidificación, la etapa final de sólido a líquido se refiere a la resistencia que tiene la unión cuando ésta se somete a condiciones de uso en las que se tienen altas temperaturas.

2.2.1 Transición de Sólido a Líquido

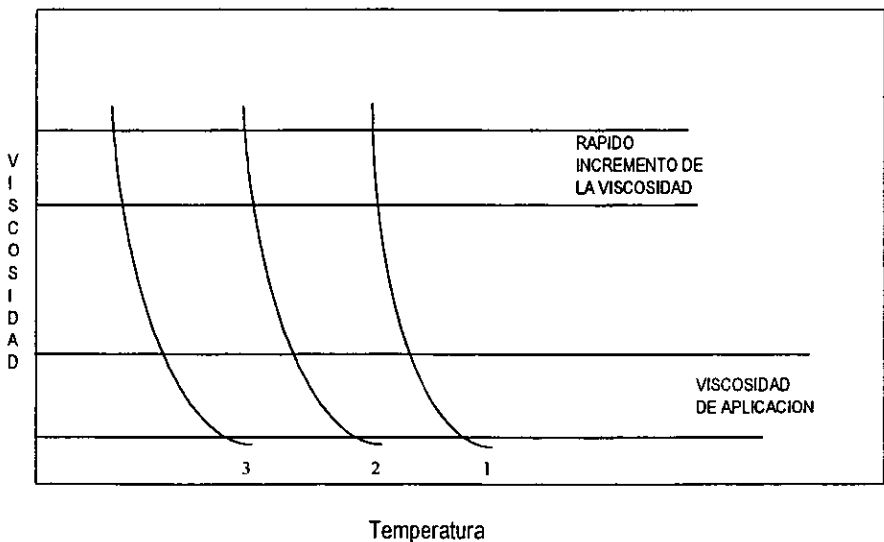
Los adhesivos Hot Melt tienen diferentes presentaciones en el mercado siendo algunas de estas las siguientes:

Pellets, Almohadas, Bloques pequeños, Trozos, Panes, etc.

Independientemente de la forma que estos tengan, con la aplicación de calor, el adhesivo sólido cambia, primero a un líquido viscoso, cuya temperatura es muy cercana a la de su punto de ablandamiento (Ring & Ball: Esta es la temperatura a la cual, un balín de acero pasa a través de un anillo, el cual contiene un adhesivo Sólido - ASTM E-28), después la viscosidad va disminuyendo al incrementarse la temperatura. La temperatura de aplicación del adhesivo siempre será mucho mayor que la temperatura a la cual el adhesivo comienza a fundir.

Debido a que los Hot Melts son aplicados fundidos, éstos deben fluir y humectar ambos sustratos y enfriar rápidamente solidificando. Para lograr el buen funcionamiento del Hot Melt es importante conocer la relación que tienen la viscosidad y la temperatura. A la temperatura de aplicación del Hot Melt, la viscosidad debe ser lo suficientemente baja para que se tenga una buena humectación del sustrato pero ésta no debe ser tan baja que se tenga una excesiva propagación y penetración del adhesivo en el sustrato. La viscosidad del Hot Melt debe mantenerse baja hasta el momento en el que los sustratos se junten (compriman) después de lo cual aumentará rápidamente al enfriarse, incrementándose la fuerza cohesiva dentro de la unión.

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento típico de la viscosidad con respecto a la temperatura de tres diferentes adhesivos Hot Melts. Aquí podemos observar que a medida que la temperatura es menor la viscosidad aumenta existiendo un área en la que la viscosidad se incrementa rápidamente con un cambio mínimo de temperatura. Por otro lado vemos que con el aumento de temperatura la viscosidad disminuye teniéndose un área en la que la viscosidad que se tiene es la más apropiada para la aplicación del adhesivo al sustrato, una vez que el adhesivo se ha aplicado y se ha formado la unión hay una disminución drástica de temperatura ocurriendo con esto la solidificación.



Gráfica: 2.2-1 Comparación de la viscosidad VS temperatura de tres adhesivos Hot Melt.

Cada adhesivo Hot Melt funciona diferente en un mismo proceso de adhesión y esto se debe a las diferentes composiciones de los adhesivos. Por ejemplo en la gráfica anterior vemos que el adhesivo 1 deberá ser calentado a alta temperatura para tener una buena viscosidad de aplicación, como consecuencia tomará más tiempo en enfriar antes de solidificar, el adhesivo 2 tomará menos tiempo en solidificar, ya que requiere menor incremento de temperatura para su aplicación.

En el adhesivo 3 que es el que requiere el menor incremento de temperatura para su aplicación existe el riesgo de que esta temperatura pueda estar muy cercana a la temperatura de solidificación, lo que podría ocasionar que el adhesivo solidifique antes de que los sustratos tengan un buen contacto.

2.2.2 Transición de Líquido a Sólido

Para explicar mejor esta etapa de transición consideraremos un sistema de aplicación en el que el líquido caliente (Hot Melt previamente fundido) es aplicado a 150°C al primer sustrato, el cual normalmente está entre 10 y 20°C. Una vez aplicado la velocidad de solidificación del Hot Melt líquido y por lo tanto la velocidad a la que se desarrolle la fuerza de unión dependerá de la velocidad de flujo de calor dentro del sustrato.

Habrà una caída inicial de la temperatura en la película del adhesivo aplicada como resultado del flujo de calor que se da en el sustrato en el tiempo que tarda la película de adhesivo aplicada en el primer sustrato llegar al punto de compresión donde el segundo sustrato se junta.

En la compresión, el segundo sustrato frío se presiona a la película de adhesivo habiendo transmisión de calor, así como un rápido enfriamiento y la formación de la unión.

La temperatura de la película de adhesivo en el punto de formación de la unión se conoce como la temperatura de unión, esta generalmente es mucho menor que la temperatura de aplicación original.

El flujo de calor dentro del sustrato es el principal mecanismo por el cual los adhesivos Hot Melt enfrían, por lo tanto influye en el tiempo abierto del adhesivo.

A continuación se presenta la figura (2.2-2) en la que se muestra un sistema de aplicación por rodillo con el propósito de ilustrar en una forma más clara el comportamiento del Hot Melt, para lograr una buena unión (A) o una mala unión (B).

Una buena unión como la del ejemplo (A) se logra cuando el segundo sustrato a adherir se coloca al primer sustrato cuando el adhesivo está dentro de su tiempo abierto; lo que significa que el adhesivo está en fase líquida y aún no ha solidificado pudiendo así humectar adecuadamente al segundo sustrato para tener una buena unión adhesiva (A).

En el ejemplo (B) el segundo sustrato se ha colocado al primero al finalizar el tiempo abierto del adhesivo y cuando éste ha empezado a solidificar por lo que no hay la unión del

segundo sustrato ya que el adhesivo al estar solidificando no tiene la capacidad de humectación para lograr la unión adhesiva de éste.

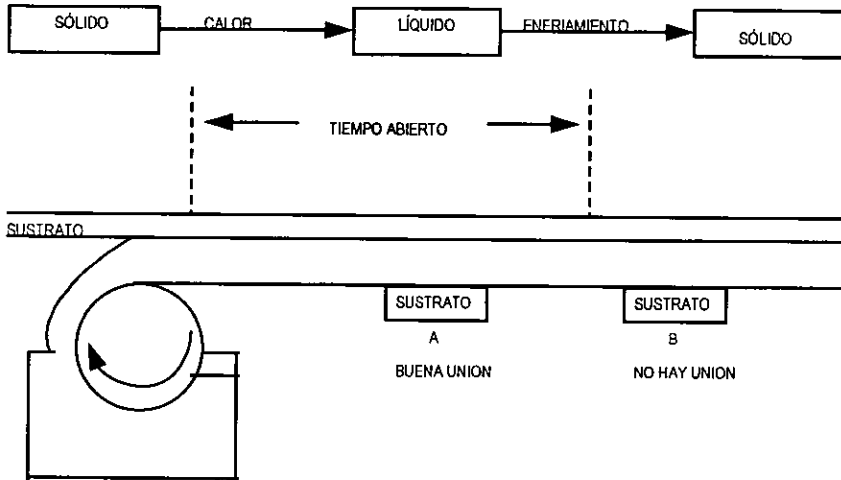


Figura 2.2-2 Diagrama de una aplicación continua por medio de rodillo en el que se muestra (A) una buena unión y (B) donde no hay unión.

Hemos visto que el adhesivo fundido enfría rápidamente después de aplicado por las propiedades térmicas del sustrato, por ejemplo: las propiedades térmicas de un papel sin recubrimiento serán diferentes a las de un papel con recubrimiento y por lo tanto, el adhesivo aplicado bajo las mismas condiciones tendrá diferentes tiempos abiertos, si nos vamos a los extremos las propiedades térmicas de una pieza de material aislante de fibra de vidrio deberá dar un tiempo abierto largo si el mismo adhesivo se aplica bajo las mismas condiciones.

Como ya hemos visto cuando un adhesivo se introduce entre dos superficies éste debe ser lo suficientemente líquido para humectar ambas superficies adecuadamente.

Después de la aplicación la viscosidad aumenta y si ésta es muy alta en el punto de compresión o si ha ocurrido una solidificación parcial del adhesivo antes de realizar la unión, la película de adhesivo permanecerá en los picos en lugar de fluir a los valles (depresiones) del sustrato no alcanzándose el contacto molecular necesario para todo el proceso de unión tal y como se muestra en la figura (2.2-3) en el caso (B) y (C).

Cuando no hay una buena humectación de los sustratos la unión puede fallar aunque ésta parezca ser buena inicialmente, o aún después cuando el ensamble ha enfriado y alcanzado el equilibrio.

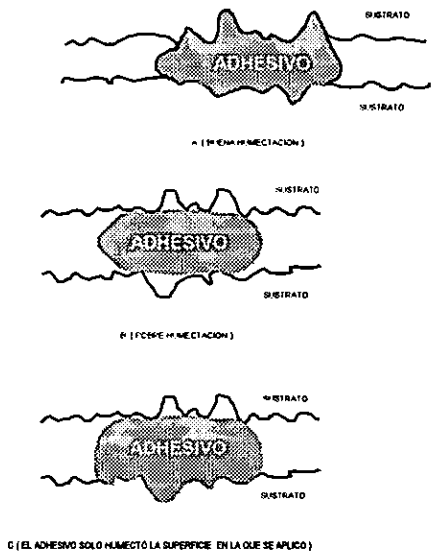


Figura 2.2-3 Humectación de sustratos

Cuando utilizamos Hot Melts el problema no está en que la película de adhesivo no se halla comprimido lo suficiente como en el caso de los adhesivos de polímero disuelto o disperso en un líquido sino en prevenir la solidificación del adhesivo antes de que la unión se forme.

2.2.3 Tiempo abierto del Hot Melt

El tiempo abierto de un Hot Melt se define como el tiempo en el que éste se encuentra lo suficientemente líquido para humectar los sustratos y formar una buena unión de superficies.

El tiempo abierto de un Hot Melt depende de los siguientes factores:

Composición del Hot Melt, temperatura de aplicación, cantidad de Hot Melt aplicado por unidad de área en la superficie, la temperatura ambiente del área de trabajo, las propiedades térmicas de la superficie.

La cantidad de adhesivo aplicada por unidad de área es un factor importante ya que una línea gruesa de adhesivo (mayor cantidad) tendrá mayor tiempo abierto que si se aplica una línea delgada bajo las mismas condiciones de aplicación. La humedad y el movimiento del aire existentes en el medio ambiente también influyen en la velocidad de formación de la unión, por lo tanto en el tiempo abierto.

Si otras variables se mantienen constantes, la formulación del Hot Melt se puede variar para alcanzar rangos de tiempo abierto menores a un minuto o más.

En las hojas técnicas de los Hot Melt generalmente se indican tiempos abiertos típicos bajo ciertas condiciones de aplicación, los cuales pueden ser comparadas con otros Hot Melts siempre y cuando se tengan las mismas condiciones de aplicación.

El tiempo abierto de un Hot Melt puede variarse dentro de ciertos límites manipulando otras variables, tales como la temperatura de aplicación, las condiciones ambientales, la cantidad de adhesivo aplicada por unidad de área, el tipo de sustrato, así como también la temperatura del sustrato. Como muchas variables afectan el tiempo abierto éste es controlado por el usuario del adhesivo más que por el formulador.

El secreto del éxito de la formación de la unión cuando se usa un Hot Melt es asegurarse que en el punto de formación de la unión la película de Hot Melt aplicado está lo suficientemente caliente y líquida para humectar adecuadamente los sustratos.

En la práctica los adhesivos Hot Melt son materiales muy versátiles lográndose un funcionamiento satisfactorio del adhesivo con el simple ajuste de dos de los principales factores que influyen en el tiempo abierto. Siendo estos:

- a) La cantidad de adhesivo aplicada por unidad de área. A mayor espesor de la película se tiene mayor cantidad de calor retenido y por lo tanto menor viscosidad.
- b) La temperatura de aplicación. El tiempo abierto se incrementa cuando se aumenta la temperatura de aplicación.

2.2.4 Comportamiento de la unión

Esta etapa final de transición que es la reversión de sólido a líquido, es generalmente omitida por los usuarios del Hot Melt y puede dar problemas si no se entiende.

Todos los Hot Melts son termoplásticos siendo las formulaciones más comunes de naturaleza amorfa. La película de un Hot Melt puede fundir del estado sólido al líquido en un amplio rango de temperaturas; por lo tanto, es probable que a una temperatura específica a la que este expuesta la unión, la película de adhesivo se funde y falle la unión.

El tiempo expuesto a fuentes de calor y el esfuerzo que exista en la unión son factores importantes para mantener las uniones con este tipo de adhesivos.

Para entender esto, consideremos que la película solidificada de adhesivo adhiere dos sustratos y que uno de los cuales está sometido a una temperatura elevada, la película de adhesivo comenzará a fundir hasta que se alcance una temperatura donde la fuerza cohesiva de la película de adhesivo es más baja que la fuerza en la unión y falla la unión. También se puede dar el caso de que el adhesivo funda a un líquido viscoso, pero el tack (pegajosidad) y la fuerza

cohesiva de la película pueden ser suficientes para mantener las uniones juntas hasta que se retire la fuente de calor y la película enfrie solidificando nuevamente.

El método de prueba de punto de ablandamiento, Ring and Ball (ASTM E28) se usa como un método de control de calidad pero no es representativo para medir la resistencia al calor de un Hot Melt aplicado a los sustratos y formando la unión, ya que estos adhesivos comienzan a ablandarse a una temperatura menor al punto de ablandamiento del Ring & Ball; por lo anterior es importante que el usuario del Hot Melt realice pruebas para asegurarse que las uniones de Hot Melt expuestas a temperaturas de servicio extremas se mantienen. Estas pruebas funcionales son importantes en las uniones expuestas a altas y bajas temperaturas. Si el adhesivo esta expuesto a bajas temperaturas puede volverse quebradizo fallando la unión.

Una unión adhesiva de Hot Melt puede fallar cohesivamente cuando se somete a elevadas o bajas temperaturas de servicio, sin embargo este es un caso poco usual ya que en la mayoría de los casos la falla de la unión ocurre en la interface sustrato/adhesivo. En la mayoría de los casos, la interface del segundo sustrato falla, indicando que no hubo un buen contacto debido a un enfriamiento prematuro del Hot Melt y una humectación inadecuada del sustrato.

El cambio de sólido a líquido puede ser usado como una ventaja en recubrimientos de Hot Melt reactivables, en este caso la película de adhesivo aplicada a un sustrato ya solidificada es reactivada al estado líquido por medio de calentamiento para ser unida a otro sustrato.

2.3. Usos y Presentación en el mercado

2.3.1. Usos

Los adhesivos termofusibles base EVA son ampliamente usados en una gran variedad de aplicaciones, siendo las mas importantes las siguientes:

- 1) Encuadernación
- 2) Etiquetado
- 3) Empaque
- 4) Calzado
- 5) Pañal y Toalla sanitaria
- 6) Madera

1) Encuadernación

En esta área el Hot Melt se utiliza para la encuadernación de libros y revistas teniendo como principal función el mantener las páginas unidas, así como la portada del libro o revista.

Para un óptimo funcionamiento el adhesivo debe tener excelente flexibilidad, alta resistencia y resistencia a la fatiga, estas propiedades deberán mantenerse a elevada (140°F) y baja (0°F) temperatura por largos periodos de tiempo.

2) Etiquetado

Los Hot Melts para etiquetado se caracterizan por tener baja viscosidad y largo tiempo abierto. La baja viscosidad es impuesta por restricciones en el equipo de aplicación que se utiliza para el etiquetado, el cual opera generalmente a muy altas velocidades, es por esto que el Hot Melt debe adaptarse a estas velocidades.

Existe una amplia variedad de materiales usados en la industria de envases siendo las mas comunes el vidrio, el polietilentereftalato (PET), polietileno (PE), cloruros de polivinilo (PVC) y el polipropileno (PP).

Las etiquetas que se utilizan en estos envases también son de diferentes materiales siendo las mas comunes las de papel, poliestireno, polietileno, polipropileno y varias combinaciones o laminaciones.

Los adhesivos Hot Melt para etiquetado deben mantenerse flexibles a bajas temperaturas y también tener buena resistencia al calor a temperaturas elevadas. El adhesivo debe producir una unión fuerte bajo condiciones algunas veces difíciles, tales como: envases que son enfriados y humedecidos.

3) Empaque

El empaquetado de productos ha crecido rápidamente en aplicaciones que incluyen alimentos, detergentes, equipos electrónicos, maquinaria, muebles, televisores, etc.

Cuando una persona compra alguno de estos productos espera que éste le sea entregado en un empaque de papel o cartón totalmente sellado y sin abrir.

Durante los últimos años el uso de Hot Melt para formar la unión de sellado en cajas y cartón se ha incrementado rápidamente cubriendo todos los usos.

Los Hot Melts que se han utilizado en esta área son a base de EVA iniciándose su uso a mediados de los sesentas.

4) Calzado

Los adhesivos para calzado representan un mercado en el que los Hot Melts de varios tipos han encontrado una amplia aceptación en los últimos años.

Estos se utilizan para la unión de las diferentes partes que forman el zapato como son suelas, tapas, plantillas, broches y el armado en general del calzado.

5) Pañal y Toalla sanitaria

En los últimos años este mercado se ha expandido considerablemente, lo que ha impulsado la utilización de diferentes tipos de Hot Melt en esta industria ya que para el armado del

pañal y toalla sanitaria es imprescindible el uso de estos adhesivos los que tienen como función unir los diferentes sustratos, dar la forma tanto al pañal como a la toalla sanitaria y a esta última proporcionar una unión temporal durante su uso.

6) Madera

Los adhesivos para el enchapado de los cantos en muebles de madera representa un área en la cual los Hot Melts han tenido una aplicación importante en los últimos años.

Esta aplicación se debe en gran medida a la sustitución de los cementos de contacto base solvente debido a su alto costo, toxicidad y contaminación del medio ambiente.

Para éste tipo de aplicación se ha desarrollado maquinaria para cantos diseñados especialmente para usar Hot Melt obteniéndose rápidas uniones en el enchapado de cantos.

2.3.2 Presentación en el mercado

Los adhesivos Hot Melt son comercializados en una amplia variedad de formas y empaques, siendo las más usuales las que se mencionan a continuación:

PRESENTACION	CARACTERISTICA	EMPAQUE
Sólido	Esta es una masa sólida con la forma del recipiente metálico que la contiene. Para poder usarlo se tiene que fraccionar.	Por lo general son cubetas metálicas de 18 Kg.
Panes	Son de forma rectangular que pueden estar en cajas siliconadas si son de presión sensitiva (Pegajosos) o bien en recipientes plásticos. Por lo general tienen un peso aproximado de 2Kg	Los panes se empacan en cajas de cartón, el número de panes depende del tamaño de la caja. Es común que se empaquen 18 panes por caja.
Trozos	Estos son de diferente tamaño y forma. Su tamaño no es mayor a 10 cm.	Se utilizan cajas corrugadas o bolsas de papel Kraft multicapa.
Almohadas	Estas son de tamaño homogéneo con dimensiones aproximadas de 3 cm. de largo por 2 cm. de ancho con un peso aproximado de 2-4 gramos.	Se empacan en sacos de papel Kraft de 25 Kg o bien en cajas corrugadas.

Cartuchos	Estos son de forma cilíndrica con diferentes longitudes y diámetros. Este tipo de presentación se utiliza en aplicadores de pistola.	En cajas corrugadas.
Pellets	Son pequeñas pastillas de forma redonda con tamaño aproximado de 1 a 2 cm.	Se empacan en bolsas de papel Kraft o polietileno o en caja corrugada de 25 Kg.
Laminillas	Son de forma rectangular o cuadradas delgadas con dimensiones aproximadas de 2 a 5 cm.	Se empacan en bolsas de papel Kraft o polietileno o en cajas corrugadas.

La presentación del Hot Melt ha ido mejorando con el tiempo, prefiriéndose en la actualidad las formas pequeñas como pellets o almohadas, ya que tienen la ventaja de que estas funden mas rápido con respecto a las presentaciones muy grandes las cuales tardan mayor tiempo en fundir.

2.4 Ventajas y Desventajas de los adhesivos Hot Melt

2.4.1 Ventajas

El empleo de los adhesivos Hot Melt ofrecen numerosas ventajas, las cuales mencionaremos a continuación en base a las características propias que tienen este tipo de adhesivos.

I.- Característica: Los adhesivos hot melt son 100% sólidos

Beneficios:

1.- Se reducen los costos de transporte y manejo del producto.

Los adhesivos líquidos contienen aproximadamente del 65 al 50% de agua o solvente, los cuales se evaporan una vez realizada la unión, lo que significa que durante el transporte se tiene que pagar por estos líquidos mientras que en el caso de los hot melts solo se esta transportando el adhesivo, lo cual reduce los costos.

En el Hot Melt se reduce el costo de manejo ya que es más fácil manejar sacos o cajas de 25 Kg. que tambores de 200 Kg. de adhesivo líquido.

2.- No hay emisión de solventes tóxicos.

Al ser el Hot Melt 100% sólido durante su aplicación no hay emisión de solventes tóxicos que se evaporen como sucede en los adhesivos base solvente. Brindando seguridad ambiental en el trabajo por la ausencia de solventes tóxicos y/o inflamables.

3.- Menos pérdida de adhesivo

En el caso de los adhesivos líquidos es casi imposible vaciar completamente un tambor de 200 Kg. Las pérdidas de los adhesivos líquidos están en un rango de 0.5 al 2% en tanto que con un adhesivo sólido no existen tales pérdidas.

4.- Menor espacio de almacenamiento

El espacio de almacenamiento se reduce ya que un pequeño volumen de Hot Melt reemplaza a un gran volumen de adhesivo líquido.

5.- Uso de menor cantidad de adhesivo

Al ser el Hot Melt 100% sólido se utiliza menor cantidad de éste en la unión de sustratos, ya que no contiene solvente o agua que se evaporen como sucede en los adhesivos líquidos.

II Característica:

Rápido secado

Beneficios:

1.- Altas velocidades de producción

Con el empleo del Hot Melt se aumenta la velocidad de producción debido al corto tiempo de secado que éstos tienen, que es de, 3 a 60 segundos. Mientras que un adhesivo base acuosa tiene un tiempo de secado de 20 a 30 minutos.

2.- Menor tiempo de compresión

Al formarse una unión rápida con el enfriamiento del Hot Melt se reduce el tiempo de compresión de los sustratos.

3.- El equipo requerido ocupa menor espacio

El equipo de aplicación de Hot Melt es más compacto ocupando menor espacio que el que ocupan los equipos utilizados para la aplicación de adhesivos líquidos.

4.- Uso inmediato de los sustratos unidos

Una vez que se solidifica el adhesivo formándose la unión, los sustratos pueden utilizarse inmediatamente.

III Característica: Bajo consumo de energía

Beneficios:

1.- No se necesita equipo de secado

En los adhesivos Hot Melt no se necesita equipo de secado para que se forme la unión; por lo que con el uso de estos se tienen bajos consumos de energía en comparación con el uso de adhesivos en los que se utilizan sistemas de secado para acelerar éste y formar la unión en menor tiempo.

IV Característica: No contiene líquidos

Beneficios:

1.- Unión de superficies impermeables

Este tipo de adhesivos son ideales para superficies impermeables ya que no se aplica agua o solvente sino solo el adhesivo, el cual al solidificar forma la unión de los sustratos. En cambio los adhesivos a base de emulsión no pueden ser utilizados en estos sustratos debido a que el agua que contiene no tiene medio de escape.

2.- Resistencia al agua y humedad

Las uniones realizadas con Hot Melt no son afectadas por el agua y humedad.

V Característica: Menor costo de limpieza y mantenimiento de equipo

Beneficios:

1.- Los tiempos muertos por limpieza del equipo se reducen ya que no hay escurrimiento ni ensuciamiento del equipo. Los costos de operación de equipo también se minimizan ya que no se necesita remover solvente o agua.

2.4.2 Desventajas

A continuación se presentan las desventajas que tiene el empleo de los adhesivos Hot Melt.

I Características: Altas temperaturas de aplicación

Limitaciones:

1.- Accidentes potenciales por quemaduras

Los Hot Melts para ser aplicados necesitan ser fundidos a altas temperaturas por lo que si no se tienen precauciones durante su aplicación existe el riesgo de accidentes potenciales por quemaduras.

2.- Degradación y/o carbonización

El Hot Melt al estar en constante calentamiento o bien al someterse a altas temperaturas se degrada perdiendo sus propiedades y/o carbonizándose el producto, lo que ocasiona problemas en la aplicación por taponamiento del equipo o bien problemas de pegado.

3.- Generación de humos y vapores molestos e irritantes

El Hot Melt al someterse a elevadas temperaturas produce humos y vapores que además de ser molestos e irritantes son tóxicos.

II Característica: Equipo especial para la producción de Hot Melt

Limitaciones:

1.- Menos versatilidad del equipo de producción y alto costo inicial

El equipo que se utiliza para la aplicación de Hot Melt es caro y muy especial para aplicaciones muy específicas, siendo poco versátil, ya que es difícil adecuarlo a otras aplicaciones que se necesiten.

III Característica: Termoplástico

Limitaciones

1.- Limitada resistencia al calor

Al ser el Hot Melt un producto termoplástico tiene una limitada resistencia al calor, lo que podría ocasionar que una vez formada la unión la película de adhesivo se reactive si los sustratos se someten a condiciones de elevada temperatura, lo que ocasionaría que la unión falle al pasar del estado sólido a líquido la película de adhesivo.

2.5 Composición de los Adhesivos Termofusibles Base EVA

Este capítulo trata sobre la composición de los adhesivos termofusibles (Hot Melt) formulados con el copolímero de etilen vinil acetato. Sin embargo con el propósito de tener un panorama más amplio en cuanto a los otros polímeros que se utilizan en la formulación de un Hot Melt también se mencionan las características generales de otros polímeros.

Los adhesivos termofusibles están compuestos básicamente de un polímero y de un diluyente.

El polímero es el ingrediente esencial, es la columna vertebral o componente fuerte de un adhesivo termofusible.

Los polímeros usados en la formulación del Hot Melt son: Copolímero de etilen vinil acetato (EVA), polietileno, copolímero de etilen acrilato, polipropileno, poliéster, poliuretanos y poliamidas.

Un adhesivo Hot Melt podría ser 100% polímero pero tendría dos grandes desventajas:

- 1) Una adhesión limitada
- 2) Falta de propiedades al fundirse, tales como Tack (pegajosidad y capacidad de humectación del sustrato.

Debido a que las propiedades del polímero predominan en la mayoría de los Hot Melts es deseable utilizar polímeros de elevado peso molecular en las formulaciones, ya que un polímero de bajo peso molecular produce baja viscosidad, baja resistencia y pobres propiedades mecánicas.

El segundo componente de un adhesivo Hot Melt es el sistema diluyente. Este hace posible que se utilicen las propiedades del polímero.

El sistema diluyente es generalmente una mezcla de materiales, tales como una cera, plastificante, resina tackificante como son: Resinas de madera o resinas de éster, estabilizadores y algunas veces pigmentos inertes o extendedores.

El sistema diluyente aporta una variedad de efectos siendo los mas importantes los siguientes:

- 1.- Es el vehículo para el polímero, con lo cual disminuye la viscosidad del Hot Melt y lo hace más adecuado para aplicarse.
- 2.- Mejora la capacidad de humectación (mojado) y la fuerza adhesiva del polímero
- 3.- Proporciona tack en fundido
- 4.- Contribuye a las propiedades de barrera y brillo
- 5.- Proporciona una forma de hacer el polímero rígido y flexible.

El diluyente de un Hot Melt permanece en el sistema cuando éste es aplicado, éste no se disipa o absorbe. Cualquier unión de Hot Melt refleja las propiedades de todos sus componentes incluyendo el diluyente.

La composición de un Hot Melt varía considerablemente, puede ser un componente tal como un polímero en un 100%.

Sin embargo, usualmente el polímero es modificado por otros componentes con el propósito de impartir ciertas propiedades específicas al Hot Melt.

La composición general de un adhesivo termofusible es:

- 1.- Un polímero base de alto peso molecular, para dar mayor fuerza y tenacidad a la unión.
- 2.- Resinas Tackificantes de bajo peso molecular para adhesión y fijación.
- 3.- Ceras que son agentes que controlan la viscosidad y promueven la humectación de la superficie.
- 4.- Plastificantes que proporcionan flexibilidad
- 5.- Antioxidantes que retardan la degradación del producto por el calor.

2.6 Características de las materias primas empleadas

A continuación se describen las características de las materias primas que se emplean en la formulación de adhesivos termofusibles Base EVA.

2.6.1 Polímero Base

Las propiedades que imparten en un adhesivo Hot Melt son:

- Adhesión
- Dureza
- Flexibilidad en frío
- Resistencia al calor

Estos materiales son generalmente duros, resistentes, elásticos y flexibles. Son la base de la composición de los adhesivos termofusibles, son los principales responsables de la fuerza de cohesión. Son en su mayoría polímeros sintéticos.

Los polímeros más utilizados a escala comercial para la formulación son los siguientes:

- Copolímero de etilen vinil acetato (EVA)
- Polietileno
- Copolímero de etilen acrilato
- Polipropileno
- Poliamidas, poliésteres y poliuretano

Por la importancia que tiene el polímero en un adhesivo Hot Melt a continuación se presentan las características de cada uno de los polímeros arriba mencionados, enfocándonos al final en el estudio más detallado del copolímero de etilen vinil acetato (EVA).

Poliétileno.

El polietileno ramificado (baja densidad) de bajo peso molecular en un adhesivo termofusible provee la fuerza cohesiva y la viscosidad, mientras que al mismo tiempo incorpora cristalinidad al sistema y controla el punto de ablandamiento, el tiempo abierto y la velocidad de secado. Los Hot Melt a base de polietileno son incompatibles con los de tipo EVA siendo más resistentes al calor y las grasas.

Copolímero de etilen acrilato

El uso de este polímero es más reciente que el uso de EVA. Este polímero se ha utilizado como sustituto del copolímero EVA.

Mezclado con resinas tackificantes tiende a dar mejor adhesión durante el enfriamiento del adhesivo.

También se utiliza como polímero base en la formulación de adhesivos Hot Melt de presión sensitiva.

Polipropileno

El polipropileno amorfo como polímero base utilizado en adhesivos termofusibles da como resultado un adhesivo más suave y más pegajoso.

La naturaleza amorfa del polipropileno hace que estos Hot Melts tengan un agarre permanente y una buena adhesión a plásticos y a superficies metálicas, a expensas de un tiempo abierto largo y una fuerza de agarre baja, por lo que su uso en empaques es limitado.

Poliámidas, Poliéster y Poliuretanos

Los Hot Melts formulados a base de poliámidas, poliéster o poliuretano son difíciles de aplicar y se utilizan cuando se requiere alta resistencia al calor.

Copolímero de Etílen Vinil Acetato (EVA)

Los copolímeros de etílen vinil acetato (EVA) son los que tienen un amplio uso en la formulación de adhesivos termofusibles.

Las características más importantes de estos son su contenido de vinil acetato, así como su índice de ablandamiento (Melt Index).

Estos polímeros están disponibles comercialmente en varios contenidos de vinil acetato (VA) e índices de ablandamiento (Melt Index). Se tienen rangos de % de vinil acetato (% VA) de 18 a 40% en peso (82-60 % etileno) e índices de ablandamiento (MI Melt Index) de 1.4 a 500.

Estas dos variables son las que mas afectan el funcionamiento del polímero en la formulación de un Hot Melt.

Los adhesivos termofusibles están basados principalmente en copolímeros con 28 y 33% en peso de vinil acetato (VA).

Los copolímeros con 28% de V.A. están disponibles en un amplio rango de Melt Index (índice de ablandamiento) de 1.4 a 350 ofreciendo así un amplio uso de formulaciones.

En la tabla (2.6-1) se presenta un listado de los copolímeros EVA comerciales más utilizados en la formulación de adhesivos termofusibles.

Tabla 2.6-1 Copolímeros EVA Comerciales

% VA (en pesos)	Indice de ablandamiento (Melt Index)	Producto / Proveedor Comercial
18	500	Elvax 410 / Du Pont
18	150	Elvax 420 / Du Pont
18	125	EVA - 303 / Unión Carbide
18	2.5	EVA - 308 / Unión Carbide
18	2.5	Elvax 460 / Du Pont
18	1.5	Ultrathene UE - 630 / USI
19	425	Ultrathene UE - 640 / USI
19	150	Ultrathene UE - 612 / USI
19	1.5	Ultrathene UE - 631 / USI
20	28	EVA - 305 / Unión Carbide
25	350	EVA - 401 / Unión Carbide
25	350	Elvax 310 / Du Pont
25	20	Elvax 350 / Du Pont
25	2	Elvax 360 / Du Pont
28	400	Elvax 210 / Du Pont
28	400	Ultrathene UE-653 / USI
28	350	EVA - 501 / Unión Carbide
28	150	Elvax 220 / Du Pont
28	43	Elvax 240 / Du Pont
28	24	Ultrathene UE - 636 / USI
28	20	EVA - 505 / Unión Carbide
28	16	Ultrathene UE - 646 / USI
28	15	Elvax 250 / Du Pont
28	12	EVA 506 / Unión Carbide
28	6	Elvax 260 / Du Pont
28	57	EVA - 507 / Unión Carbide
28	3	Elvax 265 / Du Pont
28	3	Ultrathene UE - 634 / USI
28	1.2	EVA - 508 / unión Carbide
28	1.2	Ultrathene UE - 645 / USI
28	0.4	EVA - 509 / Unión Carbide
30	120	Ultrathene UE - 639 / USI
31	24	Ultrathene UE - 638 / USI
33	25	Elvax 150 / Du Pont
33	20	EVA - 605 / Unión Carbide
33	5	EVA - 607 / Unión Carbide
40	55	Elvax 40 / Du Pont

Los copolímeros con más alto contenido de VA dan mejor adhesión en sustratos polares, tales como vinilo, aluminio y acero, mientras que los copolímeros con más bajo contenido de V.A. dan mejor adhesión en materiales olefinicos, tales como polietileno y polipropileno. El contenido de V.A. tiene poco efecto en la adhesión de ciertos tipos de sustratos tales como papel y madera, donde la adhesión mecánica y la selección de la resina modificada es más importante.

A continuación se presenta la tabla 2.6-2 en la que se aprecia el efecto que tiene el contenido de vinil acetato de las resinas EVA en la adhesión de diferentes sustratos.

Tabla 2.6-2 Efecto del contenido de vinil acetato de las resinas EVA en adhesión de diferentes sustratos.

Contenido de Vinil Acetato		
Sustratos	18% VA	33% V.A.
• Papel Kraft	_____	Poco efecto _____
• Maderas	_____	Poco efecto _____
• ABS	_____	Tendencia ligera _____→
• Aluminio	_____	Mejora _____→
• Acero	_____	Mejora _____→
• Vinil Plástico	_____	Mejora _____→
• Vinil Rígido	_____	Mejora _____→
• Polipropileno de alta densidad	←_____	Mejora _____
• Polietileno	←_____	Mejora _____

Las propiedades más relevantes que se tienen al utilizar copolímeros EVA con mayor contenido de vinil acetato (VA) se enlistan a continuación.

- 1.- Mejora las propiedades de adhesión a excepción del uso de sustratos de polipropileno de alta densidad y polietileno.
- 2.- Se obtiene mayor Tack
- 3.- Mejora la solubilidad en solventes orgánicos
- 4.- Tiene mayor compatibilidad con elastómeros, resinas hidrocarbonadas, ceras microcristalinas y resinas sintéticas.
- 5.- Mejora la flexibilidad
- 6.- Mejora el funcionamiento a baja temperatura
- 7.- Se extiende el tiempo abierto
- 8.- Se reduce la resistencia a la temperatura.

La segunda propiedad importante en los copolímeros de EVA es el índice de ablandamiento (Melt Index (MI)), el cual tiene poco efecto en la adhesión específica de los adhesivos. Entre menor sea el MI más alto es el peso molecular del copolímero.

A temperatura ambiente la adhesión es mejor al inicio con el uso de copolímeros de alto MI, posiblemente esto se debe a que tienen mejores características de humectación del sustrato. Sin embargo después de que la unión ha envejecido o bien se somete a condiciones de baja o altas temperaturas, los copolímeros con bajo MI tienen mejor adhesión; esto se debe al efecto del alto peso molecular del copolímero. El inconveniente que se tiene es que a medida que el índice de ablandamiento disminuye, la viscosidad se incrementa.

A continuación se presenta la tabla (2.6-3) en la que se muestra el efecto del índice de ablandamiento (MI) de una resina EVA en el funcionamiento de adhesivos.

Tabla 2.6-3 Efecto del índice de ablandamiento de una resina EVA en el funcionamiento de adhesivos.

Propiedades	Melt Index	
	0.4	350
Adhesión a - 20° F	←	Mejora ←
Adhesión a 73° F	→	Mejora →
Adhesión a 140° F	←	Mejora ←
Después de 2 Semanas de envejecimiento a 140° F		
Fuerza cohesiva	←	Mejora ←
Fuerza a elevada temperatura	←	Mejora ←
Flexibilidad	←	Mejora ←
Viscosidad	←	Se incrementa ←

En resumen podemos decir que las propiedades que se tienen con el empleo de copolímeros de EVA con menor Melt Index (Índice de ablandamiento) son las siguientes:

- 1.- Mejora la fuerza cohesiva
- 2.- Se incrementa la viscosidad
- 3.- Mejora la flexibilidad
- 4.- Mejora la funcionalidad a baja temperatura
- 5.- Mejora la resistencia al calor
- 6.- Mejora el tack en caliente
- 7.- Se reduce el tiempo abierto.

El utilizar mezclas de copolímeros de alto y bajo Melt Index proporciona mejores propiedades de las que pueden ser obtenidas con el uso de un copolímero EVA de Melt Index intermedio.

Por ejemplo una fórmula de adhesivo preparada con una mezcla de resina EVA con Melt Index de 20 y 0.4 tiene mejores propiedades a alta temperatura y flexibilidad a baja temperatura que un adhesivo que tiene la misma viscosidad y que está basado en un copolímero que tiene Melt Index de 15.

2.6.2 Resinas Tackificantes

Estas resinas representan el segundo ingrediente de mayor importancia en los adhesivos Hot Melt a base de copolímero de EVA. Generalmente son resinas de bajo peso molecular y pueden ser productos naturales o sintéticos.

Las propiedades más importantes que imparten a los adhesivos son las siguientes:

- Incrementan el Tack
- Disminuyen la viscosidad
- Disminuyen la fuerza cohesiva
- Mejoran la humectación del sustrato
- Mejoran la adhesión
- Imparten flexibilidad y brillo al elastómero

Las resinas tackificantes más utilizadas en los adhesivos Hot Melt a base de EVA son:

1) Brea y derivados de Brea.

Como derivados de la brea se utilizan los esteres de brea, los cuales tienen un amplio uso en la formulación de Hot Melt, ya que mejoran las propiedades de adhesión y fuerza de sellado en caliente.

La brea y esteres de brea son fáciles de manejar teniendo como principal desventaja el que no soportan altas temperaturas, ya que se degradan y oxidan.

En el mercado existe una amplia variedad de breas y sus derivados con baja y mediana viscosidad, así como amplios rangos de punto de fusión.

Debido a que son resinosas actúan como tackificantes.

El uso de estas resinas en cantidades excesivas puede dar problemas de color y olor.

2) Resinas Hidrocarbonadas

Este tipo de resinas se utilizan ocasionalmente para incrementar la dureza de un Hot Melt o mejorar una adhesión específica, sin embargo su función principal es actuar como extendedor.

Por lo que frecuentemente son usadas en lugar de ceras cuando se requiere un Hot Melt que se aplique a altas temperaturas y a un bajo costo.

Comercialmente existe una amplia variedad de este tipo de resinas con diferentes puntos de fusión.

Estas resinas son poco estables al calor y el color puede ser problema en algunas aplicaciones.

3) Resinas Politerpenas

Estas resinas son usadas para mejorar la adhesión y fuerza de sellado en caliente. Comercialmente están disponibles en un amplio rango de punto de fusión. Su estabilidad térmica a temperatura normal de proceso es moderadamente buena, sin embargo son sensibles a altas temperaturas. Para ciertas aplicaciones el color que tienen estas resinas puede ser una limitante de su uso.

En el mercado han surgido nuevas resinas terpénicas sintéticas que se han usado como extendedores para el control del fundido y como modificadores para mejorar la adhesión.

4) Estireno de bajo peso molecular y copolímero homólogo de estireno.

Estas resinas son incompatibles con las ceras, son frecuentemente usadas con copolímeros de etileno para mejorar las propiedades del Hot Melt.

En comparación con las otras resinas tackificantes su estabilidad al calor es muy buena, por lo que son utilizadas en Hot Melts que requieren temperaturas de aplicación mayores a 270°F.

Estas resinas son totalmente incompatibles con la cera microcristalina, sin embargo se mejora la compatibilidad a elevadas temperaturas. Generalmente la incompatibilidad de las resinas modificadas se incrementa al aumentar su punto de ablandamiento.

La incompatibilidad de estas resinas se debe al rápido sellado y tack que tienen.

5) Resinas Fenólicas

Son usadas como modificadores del copolímero de etileno. Debido a que tienen una estabilidad térmica limitada es difícil usarlas en ciertas aplicaciones, ya que su uso puede dar problemas de olor y color, sin embargo las resinas fenólicas que tienen elevado punto de ablandamiento se utilizan para mejorar la fuerza de unión a altas temperaturas de los Hot Melts de copolímero de etileno.

Estas resinas se utilizan generalmente en sustratos muy específicos, en los adhesivos de copolímero de etileno.

A continuación se presenta la tabla (2.6-4) con las recomendaciones de las resinas a usar en los adhesivos Hot Melt Base EVA.

Tabla 2.6-4 Resinas modificadas para usar en varios sustratos en Hot Melts a base de copolímero de EVA.

Sustrato	Temperaturas de uso	
	73°F	140°F
Papel Kraft	B,C,D,F	H
Papel Glassine	A,B,C,F	H
Vinil Plastificado	B,C	
Aluminio	E	G
Acero	E,G	E,G
Vinil Rígido	A,C,H	C,H
Polipropileno	A,E	A
Poliétileno de alta densidad	F	H
A B S	A,E,H	H
Madera	H	H

- A) Brea dimerizada R&B= 145°C
- B) Brea Hidrogenada de ester glicerol R&B= 85°C
- C) Brea de ester pentaeritritol R&B= 110°C
- D) Resina Hidrocarbonada
- E) Resina politerpenica (B - Pinene) R&B= 115°C
- F) Resina politerpenica (α - Pinene) R & B= 115°C
- G) Copolímero alcali estireno R&B= 120°C
- H) Resina Fenólica R&B= 150°C

2.6.3 Ceras

Las ceras son utilizadas en los adhesivos Hot Melt como diluyentes, principalmente por su baja viscosidad y costo.

Las principales propiedades que imparten las ceras a estos adhesivos son las siguientes:

- Modifican la viscosidad (Diluyentes)
- Reducen la adhesión
- Reducen el Tack superficial
- Controlan el Tack en caliente
- Controlan el tiempo abierto
- Controlan la cristalinidad
- Humectan el sustrato
- Son agentes que dan rigidez

Los Hot Melts formulados con polímero base EVA y resinas modificadas son viscosos, por lo que la principal función de la cera es reducir la viscosidad del Hot Melt.

Las ceras tienen menor costo que el EVA y las resinas modificadas; por lo que también se usan para mejorar el costo del Hot Melt.

Existen tres principales grupos de ceras

- 1) Ceras Parafínicas
- 2) Ceras Microcristalinas
- 3) Ceras Sintéticas

1) Ceras parafínicas

Estas son fracciones del petróleo totalmente refinadas, se usan ampliamente en la formulación de Hot Melts, ya que tienen excelente barrera a la humedad, incrementan la adhesión, cohesión de sellado y brillo. Las parafinas con alto punto de fusión dan gran cohesión, dureza y resistencia, en tanto que las de punto de fusión bajos dan mejor sellado.

2) Ceras Microcristalinas

Son fracciones refinadas del petróleo, debido a la distribución de su unión, cadena y grupos cíclicos forman una pequeña región cristalina.

Estas ceras son más flexibles y suaves que las ceras parafínicas, dan buena flexibilidad a baja temperatura, adhesión y excelente resistencia a la penetración de la humectación bajo condiciones de deformación y tensión.

Los polímeros de EVA de 20 - 33% de vinil acetato tienen poca compatibilidad con estas ceras.

3) Ceras Sintéticas

Son productos de alto punto de fusión, utilizados como diluyentes, ofrecen mayor resistencia a la temperatura.

Son ceras blancas, duras, que se caracterizan por su brillo, su punto de fusión y su peso molecular que es más alto que las ceras microcristalinas.

Estas ceras se obtienen de la polimerización del etileno a altas presiones.

La tabla (2.6-5) presenta los diferentes tipos de ceras.

Tabla 2.6-5 Análisis comparativo de las propiedades más importantes de los tres tipos de ceras.

Características	Cera Parafínica	Cera Microcristalina	Cera Sintética
Peso Molecular	280 - 560	400 - 800	500 - 2500
Punto de Fusión	52 - 68°C	60 - 90°C	85 - 125°C
Ramificación	No	Si	Si
Color	Blanco	Amarillo	Blanco
Aceite	0.5 - 3%	0.5 - 7%	No

A continuación se presenta un cuadro comparativo en el que podemos observar las propiedades que imparten los diferentes tipos de cera.

Tabla 2.6-6 Cuadro comparativo de las propiedades de las ceras

	Mejora Brillo	—————→	Ceras Parafínicas
	Mejora Dureza	—————→	Ceras Sintéticas
Cera Microcristalina	←—————	Mejora Flexibilidad	
Cera Parafínica	←—————	Mejora Elongación	
Cera Microcristalina	←—————	Mejora resistencia en Frío	

2.6.4 Plastificantes

Estos materiales se utilizan en poca cantidad, su principal uso es en adhesivos Hot Melt de presión sensitiva.

Los plastificantes se utilizan para mejorar la flexibilidad y humectación del Hot Melt, por lo que se utilizan en aplicaciones especiales.

Entre los plastificantes de mayor uso están los siguientes:

- Aceites Minerales
- Ftalatos
- Polibutenos

2.6.5 Extendedores

Se emplean con el propósito de disminuir el costo del adhesivo, incrementar el módulo de elasticidad, mejorar la sequedad de la superficie y controlar el flujo.

Los productos utilizados son:

- Carbonato de Calcio
- Caolín
- Talco

2.6.6 Antioxidantes

Los polímeros y resinas utilizados en los adhesivos Hot Melt se degradan por acción del oxígeno, ozono y rayos ultravioleta. Este proceso se acelera con la temperatura.

Los adhesivos Hot Melt son atacados por el oxígeno en su proceso de fabricación, almacenamiento y aplicación siendo los efectos:

- Formación de piel
- Formación de partículas de carbón
- Aumento de Color
- Cambio de viscosidad
- Cambio en las propiedades del adhesivo (Tack, fuerza de adhesión, flexibilidad, etc)

Para prevenir estos efectos se emplean los antioxidantes, los cuales previenen la degradación oxidativa o térmica, mejorando la estabilidad al calor del Hot Melt y minimizando la degradación de éste por la acción del oxígeno, ozono y rayos ultravioleta.

Los productos más usados como antioxidantes en las formulaciones de Hot Melt son:

- T- butil cresol relacionado con fenoles terminales y sus esteres
- Aceites Epóxicos
- Fosfitos
- Fenoles

2.7. Relación entre composición y las propiedades de un Hot Melt.

La composición de un Hot Melt puede representarse en un diagrama triangular con sus tres componentes principales.

En las figuras 2.7-1 y 2.7-2 observamos que en cada una de las aristas del triángulo se tiene el cien por ciento de polímero base (elastómero), la resina tackificante y la cera.

De estos diagramas podemos obtener la siguiente información:

- 1.- Si se incrementa el porcentaje de polímero base (elastómero) se obtiene mayor viscosidad, elongación, fuerza de tensión, adhesión y flexibilidad a baja temperatura.
- 2.- Si se disminuye el contenido de resina tackificante se obtiene mayor rigidez y resistencia a la ruptura.
- 3.- Si se incrementa el porcentaje de cera se tendrá mejor funcionamiento a elevada temperatura, resistencia al bloqueo y dureza.
- 4.- Si se aumenta el contenido de resina tackificante se obtendrá mayor adhesión
- 5.- Si se disminuye el contenido de cera se mejora la plegabilidad y la adhesión

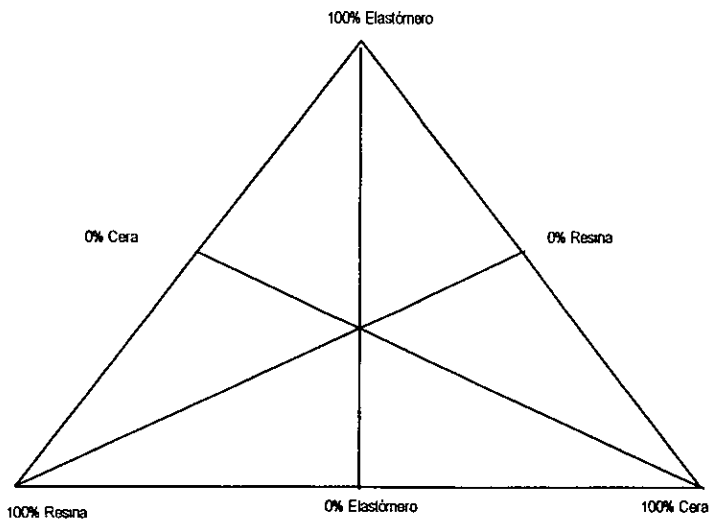


Figura 2.7-1 Diagrama triangular Composición / Propiedades del Hot Melt.

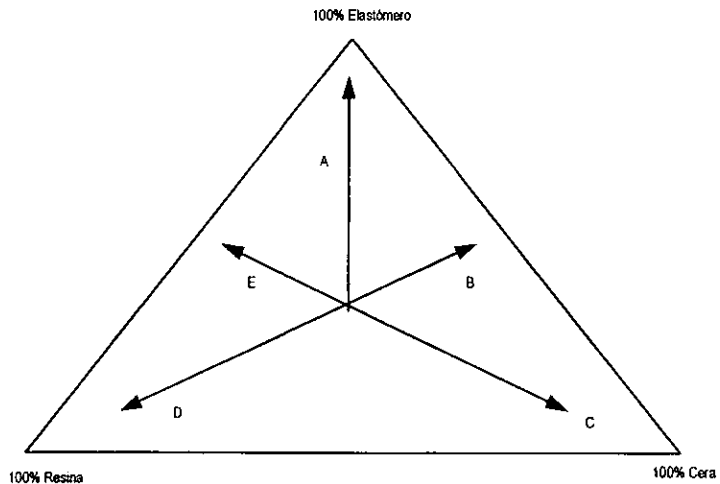


Figura 2.7-2 Diagrama triangular dirección de formulación de un Hot Melt.

Dirección para incrementos

- A: Viscosidad, elongación, fuerza de tensión, adhesión, flexibilidad a baja temperatura.
- B: Rigidez, resistencia a la ruptura
- C: Funcionamiento a alta temperatura, resistencia al bloqueo ó dureza
- D: Adhesión
- E: Plegabilidad, adhesión

2.8. Formulaciones típicas de adhesivos termofusibles Base EVA

La formulación de un adhesivo Hot Melt varía dependiendo de la materia prima, la aplicación en la que se va a emplear, el equipo aplicador, las propiedades que se requieren de la unión final y el costo, en si todos estos factores determinan la formula de un Hot Melt.

Cuando se formula un adhesivo termofusible es importante considerar el punto de fusión y el contenido de elastómero que se empleará debido a que de éstos dependen las siguientes propiedades.

Indice de Fusión

a) A mayor punto de fusión se tiene:

- Mayor retención de brillo
- Mayor solubilidad

b) A menor punto de fusión se tiene:

- Mayor viscosidad
- Mayor resistencia a la deformación bajo carga
- Mayor fuerza de sellado y pegajosidad en caliente
- Mayor flexibilidad y tenacidad

Contenido de Polímero Base

a) A mayor contenido se tiene:

- Mayor solubilidad
- Mayor resistencia a la deformación bajo carga
- Mayor fuerza de sellado a alta temperatura
- Mayor resistencia al bloqueo
- Mayor compatibilidad con ceras

La figura 2.8-1 muestra un diagrama triangular que nos indica la composición contra uso final del adhesivo y se muestran las diferentes aplicaciones con sus respectivos rangos de formulación.

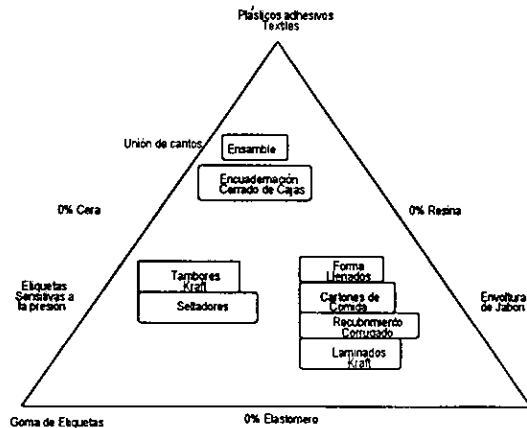


Figura 2.8-1 Diagrama triangular

Con el uso del diagrama triangular de la figura 2.8-1 tenemos una idea general de la composición de un Hot Melt de acuerdo a su aplicación, pero para adentrarnos más en la formulación de los adhesivos termofusibles Base EVA . A continuación presentaremos las formulaciones típicas de estos adhesivos para las aplicaciones más importantes.

Cabe mencionar que estas formulaciones son solo una guía, ya que las condiciones de aplicación del Hot Melt y el sustrato que se utilice son variables muy importantes, las cuales fijaran los porcentajes exactos de cada materia prima dentro de la formula del adhesivo.

2.8.1 Encuadernación

Las propiedades más importantes que se requieren tenga un adhesivo Hot Melt para encuadernación son:

a) Excelente flexibilidad

Durante el uso del libro o revista, las hojas y pastas de estos son dobladas continuamente, por lo que se requiere que el adhesivo sea flexible y no quebradizo pudiendo resistir los dobleces que se les dan.

b) Resistencia a la fatiga

El Hot Melt debe resistir el uso continuo que se le da a las hojas del libro o revista resistiendo los ligeros jalones que se les dan durante su uso sin desprenderse las hojas del libro.

c) Estabilidad a altas y bajas temperaturas ambientales (60°C a - 5°C) por largos periodos de tiempo.

Los libros y revistas estarán en diferentes temperaturas dependiendo del clima de la zona, así como del lugar donde se guarden y usen, por lo que el adhesivo utilizado en ellos debe resistir altas y bajas temperaturas no perdiendo sus propiedades adhesivas ya que si en climas con altas temperaturas el adhesivo se ablanda ocurrirá el desprendimiento de las hojas, lo mismo sucederá sí se tienen bajas temperaturas y el adhesivo se vuelve quebradizo.

d) Viscosidad máxima de 10 000 cps. a 175°C

Para asegurar una adecuada impregnación del adhesivo durante su aplicación en todas las paginas del libro o revista y por lo tanto una correcta formación de la unión, la viscosidad del adhesivo no deberá ser mayor 10 000 cps con el propósito de humectar adecuadamente las páginas y lograr así una correcta unión.

En las formulaciones de Hot Melt para encuadernación se recomienda utilizar copolímeros de vinil acetato de 28 a 33% de contenido de vinil acetato, ya que proveen la flexibilidad necesaria y resistencia que requieren este tipo de adhesivos.

Los copolímeros con bajo contenido de vinil acetato (V.A.) tienen mejores propiedades a elevada temperatura pero a baja temperatura tienen poca flexibilidad y son más rígidos.

En los adhesivos utilizados en encuadernación predomina el uso de copolímero de vinil acetato con Melt Index de medio a bajo (3 - 10 M.I.) ya que con éstos se obtiene un mejor balance de funcionalidad y viscosidad.

Además del copolímero de vinil acetato se utilizan resinas tackificantes, ceras y ocasionalmente plastificantes.

Las resinas tackificantes no deben endurecer mucho el adhesivo siendo las más usadas las breas o esteres de brea.

Las ceras son usadas para reducir la viscosidad y las características de bloqueo del adhesivo. El utilizar ceras microcristalinas blandas de alto punto de fusión mejora la flexibilidad del adhesivo.

Las ceras microcristalinas y las ceras sintéticas de alto punto de fusión mejoran la resistencia del adhesivo a altas temperaturas.

Los plastificantes se utilizan para reducir la viscosidad y dureza del adhesivo. Los plastificantes de bajo peso molecular son generalmente fugitivos y emigran a las páginas y pastas del libro. Esto se puede utilizar como una ventaja cuando se requieren altos niveles de resistencia y flexibilidad. Los plastificantes pueden ser usados para reducir la viscosidad de un adhesivo con alto contenido de vinil acetato; después del envejecimiento durante el cual el plastificante emigra hacia el papel hay una mayor resistencia en la unión.

Una formulación típica de Hot Melt para encuadernación es la siguiente:

“ Hot Melt para encuadernación “

Componente	% En Peso
Elvax 260 (copolímero EVA)	35 - 45
Pentalyn 510 (Brea esterificada)	40 - 60
Cera Microcristalina (Cera)	10 - 20
Irganox 1076 (antioxidante)	<u>0.2</u>
T otal	100.0

La combinación de estas materias primas deberá dar el 100%

La temperatura de aplicación recomendada para los adhesivos Hot Melt de encuadernación es de 120°C a 200°C.

2.8.2 Etiquetado

Las propiedades más importantes que se deben considerar en la formulación de un adhesivo Hot Melt Base EVA para etiquetado son en general:

a) Baja viscosidad debido al uso de equipo de alta velocidad.

Por lo general el pegado de las etiquetas se realiza con aplicadores de disco requiriéndose que el adhesivo sea de baja viscosidad por ser un sistema de aplicación muy rápido.

b) Largo tiempo abierto

Estos adhesivos deben tener un tiempo abierto lo suficientemente largo para que la etiqueta con adhesivo pueda ser aplicada al segundo sustrato, antes de que el adhesivo solidifique.

c) Flexibilidad a bajas temperaturas.

Se requiere que el adhesivo empleado en etiquetado tenga flexibilidad a bajas temperaturas ya que si se vuelve quebradizo la etiqueta se desprenderá siendo común que productos etiquetados, como refrescos, o alimentos empaquetados se almacenen a bajas temperaturas.

d) Resistencia a altas temperaturas ambientales.

El adhesivo utilizado en etiquetado debe resistir altas temperaturas ambientales ya que los productos que se etiqueten estarán expuestos a climas calurosos.

e) Resistencia a la humedad y frío.

Muchas de las etiquetas son utilizadas en productos que son sometidos a condiciones húmedas y frías o bien que son refrigerados, por lo que es necesario que el adhesivo resista la humedad y frío.

Los Hot Melt a base de copolímero de etilen vinil acetato más usados en etiquetado son sensitivos a la presión. Estos adhesivos son permanentemente pegajosos a temperatura ambiente y se adhieren a una amplia variedad de superficies.

La ventaja que ofrece este tipo de Hot Melt es la economía de un proceso rápido, eliminando el costo de solventes y túneles de secado.

Los problemas más comunes que se presentan durante el uso de este tipo de adhesivos son el arrugado de la etiqueta a altas temperaturas de aplicación del adhesivo y al hecho de que algunos sustratos son sensibles a la temperatura de aplicación.

Para la formulación de este tipo de adhesivos Hot Melt es necesario tener en consideración los siguientes aspectos:

1.- Se recomienda emplear copolímeros de etilen vinil acetato con alto contenido de vinil acetato y alto índice de fusión (Melt Index) por su habilidad para mejorar la pegajosidad y mojado del sustrato. Cuando se presenten problemas de deformación se recomienda mezclarlos con grados de menor índice de fusión y contenido de vinil acetato.

2.- Las resinas modificadas deben ser resinas polares como esteres de brea, politerpénicas o terpenofénicas con un punto de ablandamiento R& B (Ring and Ball)= 60-90°C.

3.- Como plastificante pueden emplearse derivados líquidos o de bajo punto de fusión de las familias de resinas mencionadas o aceite mineral.

Los niveles de pegajosidad pueden ser incrementados con la cantidad de resina tackificante requerida para alcanzar un valor máximo. A su vez la adición de resinas decrece la cohesión (especialmente en resinas de bajo punto de ablandamiento).

Una formulación típica para etiquetado es la siguiente:

“ Hot Melt para etiquetado “

Componente	% En Peso
Elvax 40 (copolímero EVA)	35 - 45
Resigum D-110 (Brea esterificada)	35 - 45
Plastificante	10 - 20
Irganox 1076 (antioxidante)	0.2
Total	<u>100.0</u>

La combinación de estas materias primas debe dar el 100%

2.8.3 Empaque

Los adhesivos Hot Melt más comunes para empaque están formulados a base de copolímero de etilen vinil acetato (EVA) combinado con una resina de bajo peso molecular y una cera.

El copolímero EVA influye en la fuerza cohesiva, la viscosidad, la resistencia al impacto y en la resistencia al calor.

La resina contribuye a aumentar el agarre en caliente promueve la humectación y la adhesión, y en gran parte determina el color y el olor.

La cera debido a su naturaleza cristalina controla el punto de ablandamiento, la resistencia a altas temperaturas, el tiempo abierto y la velocidad de secado.

Las propiedades más importantes que se requiere tengan los adhesivos Hot Melt para empaque son:

a) Baja o media viscosidad (100 - 3000 cps) a 175°C

Los adhesivos termofusibles utilizados para empaque deben tener viscosidades bajas o medias, ya que estas son las más adecuadas para los sistemas de aplicación que se utilizan en empaque, siendo los más comunes los sistemas de paletas, disco o boquillas.

b) Resistencia a la temperatura (mayor a 60°C)

El adhesivo Hot Melt deberá resistir temperaturas mayores a 60°C ya que el empaque puede estar sometido durante su uso a altas temperaturas ya sea por el medio ambiente por las condiciones de almacenamiento o bien por los productos que se empaquen.

c) Resistencia al enfriamiento (menor a -10°C)

En muchas ocasiones se empaquen productos que se refrigeran como es el caso de los alimentos, por lo que un adhesivo para empaque debe resistir bajas temperaturas y no volverse quebradizo que es lo que sucede con los Hot Melts cuando se someten a bajas temperaturas lo que origina fallas en la unión adhesiva.

d) Estabilidad térmica

El Hot Melt durante su uso en los sistemas de aplicación estará sometido a largos periodos de calentamiento por lo que es importante que durante este tiempo el producto permanezca estable conservando sus propiedades adhesivas.

Generalmente estos adhesivos son aplicados por boquilla; por lo que se requieren viscosidades no muy elevadas.

Es importante que la película de adhesivo aplicada tenga una resistencia a la temperatura mayor a 60°C. Esto asegura que las uniones del empaque no se despeguen en temperaturas extremas. Los empaques muchas de las veces y más si se utilizan para el empaque de alimentos se someten a bajas temperaturas; por lo que las uniones de adhesivos deben resistir estas bajas temperaturas y no volverse quebradizos; lo que ocasionaría una falla en la unión.

Debido a la amplia variedad de recubrimientos y tratamientos que tiene el cartón es difícil dar una formulación base.

Para la formulación de adhesivos para empaque se utilizan copolímeros EVA con alto contenido de vinil acetato (20% V.A. o más). Los cuales se utilizan para dar y mantener la adhesión de los sustratos así como dar resistencia a la unión a bajas temperaturas (-40°F).

Una formulación típica para empaque es la siguiente:

“ Hot Melt para empaque ”

Materia Prima	% Peso
EVA -260 (copolímero EVA)	30 - 40
Resigum D-110 (Brea esterificada)	20 - 30
Brea	20 - 30
Cera polietilénica	10 - 30
Antioxidante	0.2
	<hr/>
Total	100 %

La combinación de estas materias primas deberá dar el 100% de la formulación.

2.8.4 Calzado

Los adhesivos para calzado representan un mercado en el cual el Hot Melt de varios tipos ha encontrado amplia aceptación en años recientes.

Entre las ventajas más importantes del uso de Hot Melts en la industria del calzado se pueden mencionar: Costos menores , no necesitan secado y la buena adhesión que presentan con hules, cueros y muchas fibras naturales y sintéticas empleadas.

Los componentes principales de las formulaciones de Hot Melt para calzado son las siguientes:

1.- El uso del copolímero base EVA en la formulación de adhesivos para calzado provee la fuerza, resistencia, flexibilidad a baja temperatura y adhesión de la mezcla.

Para reducir la viscosidad de los adhesivos se deben usar grados de mayor índice de fusión. Si se desea incrementar la adhesión o la flexibilidad se deben usar grados que tengan mayor porcentaje de vinil acetato o menor índice de fusión (Melt Index). Estos últimos también se recomiendan cuando se desea mejorar la adhesión a PVC (Cloruro de Polivinilo).

2.- Las resinas modificadas dentro de la formulación proveen pegajosidad, flexibilidad y baja viscosidad. Si se emplean resinas con punto de fusión mayor a 90°C se mejora la flexibilidad, estabilidad y fuerza de unión a altas temperaturas.

3.- Las parafinas, microceras de alto punto de fusión (67 - 95°C) y ceras sintéticas son añadidas para reducir costos, viscosidad (mejorar el mojado), controlar el punto de fusión, ajustar el tiempo abierto, reducir la pegajosidad en el aplicador y mejorar la barrera contra la humedad.

Las temperaturas de aplicación para adhesivos base EVA para calzado deberá normalmente ser de 120 - 175°C.

Una formulación típica es la siguiente:

Materia prima	% Peso
Copolímero EVA	25 - 40%
Resina modificada	30 - 45%
Cera microcristalina	10 - 29%
Antioxidante	0.1 - 0.2%
<hr/>	
Total	100%

La combinación de estas materias primas deberá dar el 100% de la formulación.

Para incrementar la adhesión se usan mezclas de copolímeros de EVA con 33% de vinil acetato (V.A) y 28% de V.A.

Las resinas modificadas comúnmente usadas son resinas hidrocarbonadas y derivados de brea con un rango de punto de ablandamiento de 90 a 120°C.

2.8.5 Presión sensitiva

Este tipo de adhesivos son permanentemente pegajosos a temperatura ambiente y se adhieren a una variedad de superficies disimiles con el mero contacto o cuando mucho, con presión ligera.

Tienen la suficiente cohesión para ser removidos de superficies no porosas sin dejar residuos.

Este tipo de adhesivos han sustituido a los adhesivos base solvente por ser menos contaminantes.

Los usos más comunes en este tipo de adhesivos son en etiquetado y en telas no tejidas (Non Woven) en la fabricación de pañales desechables y toallas sanitarias.

Los adhesivos Hot Melt de presión sensitiva que se formulan a partir del copolímero base EVA tienen las siguientes excepciones:

- 1.- No se utiliza cera porque esta tiene un efecto negativo en el tack inicial.
- 2.- Se utiliza solo una resina tackificante en lugar de mezclas.

Los Hot Melts de presión sensitiva frecuentemente contienen alta concentración de resina tackificante. Es importante que ésta sea compatible con el EVA.

Para la formulación de Hot Melts sensitivos a la presión es necesario tener en consideración los siguientes aspectos.

- 1.- Se recomienda el uso de copolímeros de EVA con alto contenido de acetato de vinilo y alto índice de fusión (Melt Index) ya que esto mejora la pegajosidad y mojado. Cuando se presenten problemas de deformación se recomienda mezclarlos con grados de menor índice de fusión y contenido de vinil acetato.
- 2.- Las resinas tackificantes deben ser resinas polares como esterés de brea, politerpénicas o terpenofénlicas con punto de ablandamiento de 60 a 90°C.
- 3.- Como plastificante pueden emplearse derivados líquidos o de bajo punto de fusión de las familias de resinas mencionadas o aceite mineral.

Como no se usa cera en la composición de un Hot Melt de presión sensitiva la alta viscosidad representa el mayor problema durante la formulación. El uso de el copolímero EVA de alto punto de fusión (Melt Index) es la respuesta a los problemas de viscosidad. Sin embargo si se utiliza copolímero EVA de alto índice de fusión se reduce significativamente la fuerza cohesiva para solucionar esta desventaja se recomienda combinar copolímero de EVA de alto y bajo índice de fusión.

En un Hot Melt de presión sensitiva la resina tackificante es el componente más importante que afecta las propiedades de tack y de Peel Streight (Fuerza de Pelado).

Los niveles de pegajosidad pueden ser incrementados con la cantidad de resina tackificante hasta alcanzar un valor máximo. A su vez la adición de resina decrece la cohesión (especialmente en resinas de bajo punto de ablandamiento).

Una formulación típica para adhesivos de presión sensitiva es la siguiente:

“ Hot Melt de presión sensitiva ”

Materia Prima	% Peso
Copolímero EVA (s)	35 - 50
Plastificante	0 - 20
Resina Tackificante	30 - 50
Carga	0 - 5
Antioxidante	0.2
Total	100%

La combinación de estas materias primas deberá dar el 100% de la formulación.

2.8.6 Muebles

El principal uso del Hot Melt utilizado en muebles es para el pegado de cantos.

La temperatura de aplicación de los Hot Melts Base EVA empleados en el pegado de cantos es de 190 a 220°C.

A continuación se describen las características que deben tener las materias primas más importantes que se utilizan en este tipo de adhesivos en los que se requieren altas temperaturas de aplicación:

- 1.- Se utilizan copolímeros Base EVA de bajo índice de fusión (0.4 - 20 Melt Index) con lo que se obtiene mayor viscosidad, pegajosidad en caliente, mayor fuerza y menos mojado.
- 2.- Las resinas tackificantes que se recomiendan utilizar son las que tienen alto punto de ablandamiento (190°C) para obtener una mayor resistencia a la temperatura, viscosidad y menor flexibilidad a bajas temperaturas.
- 3.- En estos adhesivos se utilizan frecuentemente cargas para reducir costo.

La carga comúnmente empleada son las baritas (sulfato de bario (BaSO₄).

Mientras más alto sea el contenido de carga y menor el tamaño de la partícula de esta, mayor será la viscosidad de la mezcla.

La viscosidad de los adhesivos para el pegado de cantos se encuentra entre 100 000 y 400 000 cps a la temperatura de aplicación.

Una formulación típica para el pegado de cantos es la siguiente:

“ Hot Melt para pegado de cantos ”

Materia Prima	% Peso
Copolímero EVA	25 - 35
Resina tackificante	30 - 40%
Carga	20 - 20%
Antioxidante	0.1 - 0.2
Total	100%

La combinación de estas materias primas deberá dar 100% de la formulación.

III MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS TERMOFUSIBLES.

Al ser los adhesivos productos que en su mayoría no son visibles para el usuario final, éste da por asentado que éstos cumplen su función y que no va a ocurrir ningún problema de despegado, es más, en la mayoría de los casos ni siquiera se da cuenta que el material o equipo que está usando tiene uniones adhesivas, un ejemplo de esto es el uso de una caja de cartón para empaquetado de cereal. El usuario cuando compra el producto nunca piensa en la unión adhesiva de la caja y mucho menos en que esta se pudiera despegar, sino que da por hecho que la caja va a proteger y guardar el cereal durante el tiempo en que lo utilice, sin embargo, si ocurriera lo contrario y el adhesivo fallara despegándose la caja, el usuario en principio no compraría una caja despegada y si ésta se despega cuando la está usando lo más seguro es que decida no volver a comprar esta marca.

Esto representaría un costo muy elevado que tendría que pagar el fabricante por la falla de la unión adhesiva, ya que además de la pérdida del producto (cereal) si se despegan las cajas antes de que éste se venda se tendría que pagar un costo mayor por la mala imagen de la calidad del producto, lo que a final de cuentas reduciría sus ventas.

Con este ejemplo tratamos de mostrar que tan importante son las uniones adhesivas, en éste, solo se hablo de pérdidas económicas, pero el problema pudiera ser aún mayor cuando se trata de equipos en los que se utilizan adhesivos tales como aviones, automóviles por mencionar algunos, donde no solo se corre el riesgo de perder el producto sino que la falla del adhesivo pudiera poner en riesgo la salud o aún la vida misma del usuario.

Para asegurar que el adhesivo cumple su función se han establecido métodos de evaluación, los cuales tienen como objetivo verificar las propiedades, la funcionalidad y la resistencia de las uniones adhesivas de tal forma de que la unión adhesiva no falle bajo ninguna circunstancia.

El uso de estos métodos de evaluación previo al uso del producto asegurarán la calidad del producto con respecto a sus propiedades, su funcionalidad y resistencia de la unión adhesiva.

Los métodos de evaluación que se realizan a los adhesivos Hot Melt los hemos clasificado en tres áreas de acuerdo a la etapa en que se realiza la prueba y el propósito que se persigue con ésta.

3.1. Pruebas de control de calidad

Este tipo de pruebas se realizan a los adhesivos inmediatamente después de su fabricación, el propósito es asegurar que el adhesivo cumple con las especificaciones previamente establecidas.

3.2. Pruebas funcionales

En estas pruebas se evalúa si el adhesivo cumple con los requerimientos esperados durante su aplicación.

3.3. Pruebas finales de la unión adhesiva

Estas pruebas determinan si el adhesivo tiene la fuerza de unión requerida y si resistirá las condiciones ambientales a las que se verá sometido durante el tiempo de servicio.

3.1. Pruebas de control de calidad

3.1.1. Viscosidad

Los adhesivos son normalmente aplicados en estado líquido, produciéndose la unión cuando la película de adhesivo líquida solidifica. La característica más importante de los adhesivos es su viscosidad ya que ésta nos indica la fluidez que tiene éste. Tener una medición confiable de ésta es muy importante en el control de los adhesivos.

La viscosidad de un adhesivo se caracteriza por su comportamiento de flujo cuando se somete a un esfuerzo cortante, lo cual se da en los sistemas de aplicación como son, rodillo, paleta, disco o boquilla.

Newton definió que para un líquido perfecto la velocidad es directamente proporcional al esfuerzo cortante llegando a la siguiente ecuación:

$$F = \text{Viscosidad} \times \text{Velocidad}$$

$$F = \text{Esfuerzo cortante}$$

A esto se le conoce como un líquido Newtoniano que gráficamente se representa en la Fig. 3.1-1.

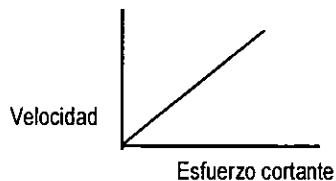


Fig. 3.1-1 : Fluido Newtoniano

Un ejemplo de fluido Newtoniano es el agua, la cual tiene una viscosidad de 1 mpas.

Las unidades de medición de la viscosidad son los pascales (PAS) y los poise o centipoises, llamados así debido a que Poiseville pionero en viscosimetría relacionó los pascales con la ecuación de $10 \text{ poise} = 1 \text{ PAS}$ o $1 \text{ centipoise (CPS)} = 1 \text{ milipascal (MPAS)}$.

Muchos líquidos, incluyendo los adhesivos los cuales son soluciones de polímeros o dispersiones no tienen un comportamiento newtoniano, existiendo tres categorías importantes en el comportamiento de estos siendo estas: Pseudo - Plástico, Dilatante y Tixotrópico.

Los fluidos pseudo-plásticos presentan una disminución de la viscosidad cuando se incrementa la velocidad cortante tal y como se muestra en la figura (3.1-2). Las dispersiones de adhesivo generalmente presentan un comportamiento Pseudo-Plástico.

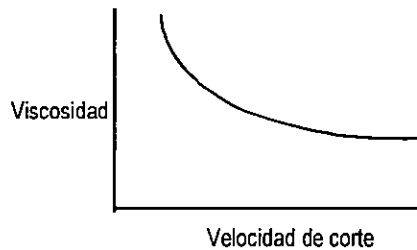


Fig. 3.1-2: Comportamiento de un fluido Pseudo -Plástico

Los fluidos dilatantes presentan un incremento en la viscosidad al incrementarse la velocidad de corte tal y como se muestra en la Fig. (3.1-3)

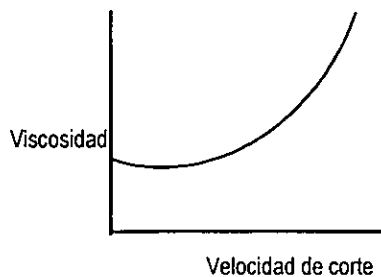


Fig. 3.1- 3: Comportamiento de un fluido dilatante

La dilatación es rara en los fluidos pero puede producirse en dispersiones que tienen mucha carga.

Los líquidos tixotrópicos presentan una reducción de la viscosidad a medida que transcurre el tiempo con una velocidad cortante constante, tal y como se presenta en la Fig. (3.1-4). En los fluidos tixotrópicos generalmente la viscosidad inicial se alcanza nuevamente cuando el líquido se deja de agitar.

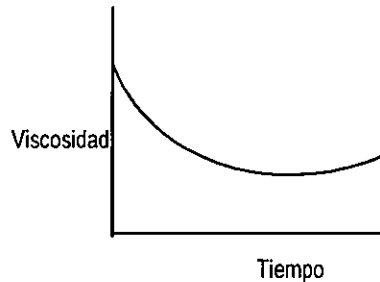


Figura 3.1- 4 Comportamiento de un fluido Tixotrópico

Una de las características de los líquidos con respecto a la viscosidad es el efecto de la temperatura en esta propiedad. La viscosidad de los líquidos es inversamente proporcional con la temperatura por lo que es esencial controlar la temperatura cuando se realizan mediciones de viscosidad.

En su mayoría los adhesivos son líquidos a temperatura ambiente, sin embargo en el caso de los adhesivos Hot Melt éstos son sólidos bajo condiciones ambientales pasando al estado líquido a elevadas temperaturas. Esto significa que la viscosidad de un adhesivo Hot Melt tendrá que ser medida a altas temperaturas.

En su mayoría los Hot Melts son aplicados entre 140°C y 200°C por lo que la medición de la viscosidad del Hot Melt a un solo valor de temperatura no da una comparación significativa. Es por esto que la viscosidad se caracteriza por mediciones tomadas sobre un rango de temperaturas y se construye una gráfica.

La figura 3.1-5 muestra una gráfica de viscosidad vs temperatura de un Hot Melt en la que se puede ver claramente como la viscosidad aumenta dramáticamente cuando la temperatura disminuye. Estas gráficas son muy usadas no solo para comparar la viscosidad entre varios tipos de Hot Melt o en diferentes lotes de fabricación del mismo producto sino que la forma de la curva lo inclinado o plano de ésta puede darnos alguna indicación de la fabricación del producto.

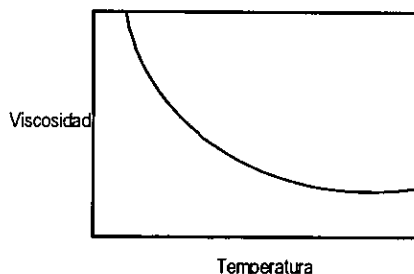


Figura 3.1-5 Gráfica de viscosidad vs temperatura de un Hot Melt.

Como ya hemos dicho la viscosidad del Hot Melt varía considerablemente con la temperatura y en un menor grado con la velocidad cortante a la que es medida.

Para la medición de la viscosidad de los Hot Melts en un amplio rango de temperaturas (incluyendo la temperatura de aplicación) se utiliza el viscosímetro Brookfield thermosell.

A continuación se describe el procedimiento para la determinación de la viscosidad de un Hot Melt usando un viscosímetro Brookfield.

Prueba de determinación de viscosidad de Hot Melt en viscosímetro Brookfield.

Equipo:

- Viscosímetro Brookfield
- Agujas para determinación de viscosidad thermosell (No. 21 ó 27)
- Celda de calentamiento Brookfield
- Probeta Brookfield para determinación de viscosidad Thermosell.
- Balanza granataria

Procedimiento

- 1.- Precalentar el sistema thermosell ajustándolo a la temperatura requerida.
- 2.- En la probeta pesar la cantidad de Hot Melt (8 ó 10 g.) dependiendo de la aguja de medición que se vaya a utilizar (No. 21 o 27)
- 3.- Coloque la probeta en la celda de calentamiento, una vez que el Hot Melt se funda coloque la aguja y atornillela al viscosímetro.
- 4.- Encienda el viscosímetro previamente indicada la velocidad a la que se realizará la medición (R.P.M.).

5.- Deje girar por 30 minutos y registre la temperatura.

6.- La viscosidad se reporta en centipoises anotando la aguja, R.P.M. y temperatura a la que se realizó la medición. Ejemplo:

$$\text{Viscosidad (21 - 10 - 150^\circ\text{C}) = 3000 \text{ cps.}}$$

↑ ↑ ↑

Aguja R.P.M. °C

7.- A continuación se presenta un dibujo del equipo utilizado para la determinación de la viscosidad thermostell.

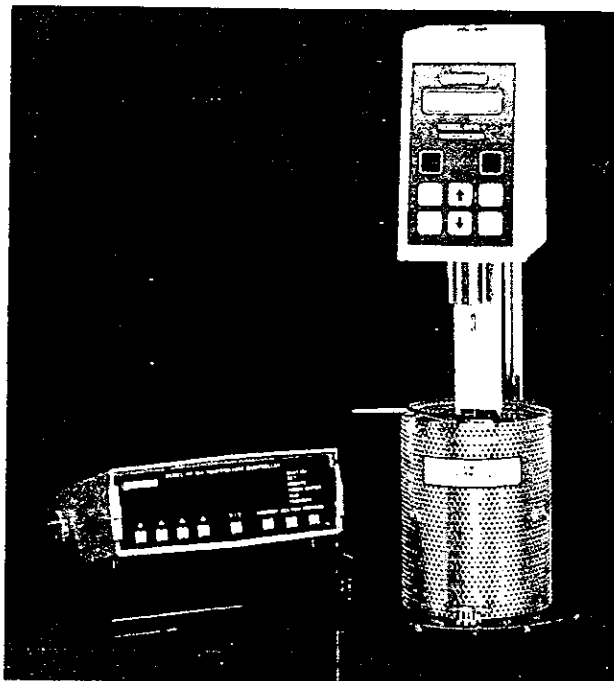


Figura 3.1-6 Equipo para determinación de viscosidad

3.1.2. Punto de reblandecimiento (Ring and Ball ASTM E-28)

Los adhesivos Hot Melt son mezclas de polímero, resinas y ceras ; por lo que son 100% sólidos ya que no contienen agua o solvente.

Cuando se aplica calor a un adhesivo Hot Melt éste no cambia del estado sólido al líquido a una temperatura definida sino que gradualmente se vuelve más suave y blando disminuyendo su viscosidad al aumentar la temperatura.

Si un adhesivo Hot Melt se va a utilizar en aplicaciones donde se exponga a temperaturas elevadas es posible que el grado de adhesión cambie bajo estas condiciones, particularmente si la unión está sometida a un esfuerzo. Un método para determinar esto es la medición del punto de reblandecimiento del Hot Melt.

El método usado es el método ASTM E-28 de Ring and Ball (anillo y bola) el cual consiste en un balín de acero con peso y tamaño especificado que se coloca encima de una muestra de Hot Melt contenida dentro de un anillo de dimensiones también especificadas.

El anillo con la muestra de Hot Melt y el balín encima se calientan a una velocidad constante en un baño de glicerina. El punto de ablandamiento se toma como la temperatura a la cual la muestra llega a ser lo suficientemente blanda para que el balín atraviese el anillo y caiga al plato inferior que tiene el equipo, lo cual puede tomar varios minutos para que el balín atraviese esta distancia dependiendo de la composición de la muestra.

En la determinación del Ring and Ball (R & B) generalmente se registran dos temperaturas, la primera cuando el balín comienza a descender a través de la muestra del Hot Melt y la segunda cuando el balín toca el plato inferior del equipo. En los resultados reportados se anotan ambas temperaturas.

En la figura 3.1-7 se muestra el dibujo del aparato usado para la determinación del Ring & Ball .

A continuación se describe en forma más detallada este método de análisis.

Determinación del Ring and Ball (ASTM E-28) en Hot Melts

Equipo:

- Anillo de bronce que cumpla las especificaciones ASTM E-28
- Balín de acero con peso y dimensiones de ASTM E-28
- Soporte para anillos (Dibujo 3.1-7)
- Termómetro de 0 - 250°C
- Parrilla de calentamiento con control de calentamiento y agitación magnética.
- Vaso de precipitado de vidrio de 1200 ml.
- Glicerina
- Agitador magnético

Procedimiento

- 1.- Coloque una muestra de Hot Melt fundida dentro del anillo hasta que llegue al ras de éste.
- 2.- Cuando la muestra este casi solidificada, coloque el balín en el centro del anillo, el cual no debe introducirse en la muestras más de 1/16 de pulgada. La muestra ya preparada se deja por 4 horas a temperatura ambiente.
- 3.- Llene las 3/4 partes del vaso de precipitado con glicerina e introduzca el agitador magnético.
- 4.- Coloque el termómetro y anillo en el soporte cuidando de que el bulbo del termómetro esté a la misma altura de la muestra.
- 5.- Introduzca el equipo en el baño de glicerina e inicie el calentamiento con agitación. La temperatura deberá ir incrementando 5°C por minuto. La agitación deberá ser lo suficientemente rápida para que la glicerina circule manteniéndose una temperatura uniforme.
- 6.- El punto de ablandamiento del Hot Melt se determina registrando la temperatura a la que el balín atraviesa la muestra de Hot Melt en el anillo y la temperatura en que éste toca el plato inferior del aparato (Fig. 3.1-7)

Un ejemplo del registro del Ring and Ball en un Hot Melt es:

R & B = 94 - 96°C

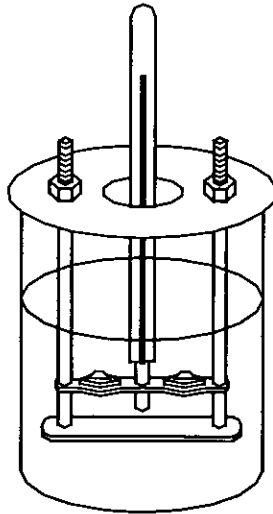


Figura 3.1-7 Equipo para la determinación del Ring & Ball

3.1.3 Color (Gardner)

Durante la fabricación de los Hot Melts el color de éste dependerá de las materias primas que lo componen, así como del proceso de fabricación ya que si durante éste se tienen altos tiempos de resistencia a elevadas temperaturas ocurrirá un cambio de color en el producto final originado por la oxidación siendo el color que se obtiene más oscuro al color original.

Un cambio de color mínimo en el Hot Melt no afecta, sin embargo, si se requiere que el producto sea de color claro para una aplicación específica, este cambio sí afecta la calidad del producto.

Con el propósito de tener un producto uniforme los Hot Melts deberán cumplir con un estándar de color que garantice que tanto las materias primas empleadas como el proceso de fabricación no han sido expuestas a una oxidación prolongada por altos tiempos de calentamiento a elevada temperatura.

El oscurecimiento de un Hot Melt durante su uso se debe a prolongados tiempos de calentamiento a elevada temperatura lo que origina la oxidación del producto.

Con la oxidación excesiva en un Hot Melt ocurre la aparición de carbonizaciones y/o natas, así como la degradación del producto con cambio en sus propiedades adhesivas, lo que origina problemas en el equipo de aplicación y en la unión de los sustratos, debido a que puede haber bloqueo del equipo aplicador por estas carbonizaciones y natas o bien si éstas se aplican en la unión se tendrán uniones defectuosas al igual que si se aplica un Hot Melt que por la oxidación ya no tiene las mismas propiedades adhesivas.

Por lo anterior es muy importante durante el uso del Hot Melt el control de la temperatura, así como el control del tiempo de residencia de éste para evitar que ocurra la oxidación y la degradación del producto.

Para la determinación del color en los Hot Melts se utiliza una escala de color Gardner en la que se compara el color que tiene el Hot Melt fundido.

A continuación se describe el procedimiento que se sigue para la determinación del color en escala Gardner de los Hot Melts.

Determinación del Color Gardner en Hot Melts

- Equipo:**
- Escala de color Gardner
 - Tubo Gardner para determinación de color
 - Termómetro
 - Horno con controlador de temperatura
 - Gradilla
 - Pinzas para tubo de ensaye

Procedimiento

1.- Llene el tubo Gardner con Hot Melt y caliente en el horno hasta que el producto se funda y tenga una apariencia clara (generalmente se calienta a temperatura de 150°C a más altas).

2.- Cuando el producto éste claro sáquelo del horno y compare con la escala de color Gardner. La escala tiene una numeración que va del color 1 al 14 entre menor sea el número el producto es más claro.

En la determinación del color Gardner se reporta el número inferior y superior de color en los que se encuentra la muestra. Ejemplo:

Color Gardner = 5 - 6

3.2 Pruebas funcionales

Una vez que los adhesivos han pasado con éxito las pruebas de control de calidad, se puede decir que cumplen los estándares de calidad establecidos. Sin embargo, esto es sólo una parte ya que además de estas pruebas el producto deberá cumplir los requisitos funcionales de la unión final en el equipo de aplicación. Una vez que el Hot Melt satisface los requisitos de la aplicación se procederá a evaluar la resistencia de la unión final.

Las pruebas funcionales más representativas son el tiempo abierto y la estabilidad térmica, las cuales se describen a continuación.

3.2.1 Tiempo abierto

Las propiedades más importantes de los Hot Melts, para efectos de aplicación, son el tiempo abierto y el tiempo de secado. Estas propiedades están relacionadas con los cambios físicos que el Hot Melt experimenta a medida que éste se enfría para formar el enlace. El tiempo abierto se refiere al tiempo máximo permitido para unir los sustratos a una temperatura de aplicación dada para formar el enlace. Si los sustratos son unidos después del tiempo abierto permitido el adhesivo estará muy frío para fluir y no "mojará" suficientemente el sustrato. El tiempo de secado es el tiempo mínimo requerido para formar el enlace después que los sustratos han sido unidos. La formación de un enlace débil ocurriría si los sustratos son desgarrados antes del tiempo de secado.

Para los adhesivos Hot Melt el tiempo abierto es generalmente muy corto a excepción de los adhesivos de presión sensible en los que el tiempo abierto es indefinido.

Cuando una pequeña cantidad de Hot Melt es aplicada entre dos superficies, este pierde calor y forma una unión muy rápida. El tiempo abierto y el tiempo de secado dependen de la temperatura de aplicación, de la temperatura del sustrato, de la conductividad térmica del sustrato, de la forma y del tamaño del adhesivo, así como también de las propiedades intrínsecas del Hot Melt; por lo que es importante considerar el tiempo abierto del adhesivo de acuerdo a los requerimientos y condiciones del proceso de aplicación.

Uno de los métodos de prueba para determinar si un adhesivo tiene el adecuado tiempo abierto consiste en realizar una película de adhesivo a una temperatura apropiada e ir colocando piezas de cartón o papel, presionando éstas a la película a ciertos intervalos de tiempo. El tiempo que corresponde a la última pieza de cartón en la que hay desprendimiento de fibra se considera el valor del tiempo abierto.

A continuación se describe el método de prueba para la determinación del tiempo abierto en un adhesivo Hot Melt. Este método de prueba describe el procedimiento para medir el tiempo que transcurre desde el momento en que el adhesivo ha sido aplicado al primer sustrato y el momento en el que se une el segundo sustrato para dar una unión satisfactoria a una temperatura de aplicación de 177°C.

Determinación del tiempo abierto en Hot Melts

Equipo:

- Horno con controlador de temperatura capaz de mantener temperaturas entre 100 - 250°C
- Aplicador metálico con hendiduras de 2 pulgadas de ancho por 0.020 pulgadas de profundidad.
- Termómetro con rango de 0 a 250°C
- Hojas de papel bond
- Tiras de papel bond de ½ pulgada de ancho por 5 pulgadas de largo.
- 1 lata de ½ litro
- Masking tape

- Cronómetro
- Mechero Bunsen

Procedimiento

- 1.- Llene la mitad de la lata con Hot Melt y funda en el horno a 177°C.
- 2.- Coloque el aplicador metálico en el horno por 30 minutos a 177°C.
- 3.- Adhiera con masking tape una hoja de papel bond a un tablero de las mismas dimensiones. Este debe ser totalmente liso.
- 4.- Cuando la muestra esté a 177°C sáquela del horno y manténgala calentándose con el mechero para que conserve su temperatura.
- 5.- Saque del horno el aplicador metálico.
- 6.- Coloque en la hoja de papel bond una pequeña cantidad de adhesivo y extiéndala con el aplicador metálico rápidamente para formar una película de 20 mm de espesor y 2 pulgadas de ancho. Arranque el cronómetro inmediatamente después de hacer la película.
- 7.- Después de 10 segundos coloque a lo ancho de la película las tiras de papel bond de 5 x 1/2 pulgada. En intervalos de 5 segundos presione con el dedo ligeramente cada tira al colocarla en la película de adhesivo.
- 8.- Deje enfriar la película por 5 minutos.
- 9.- Quite cada tira de papel bond con una movimiento rápido.
- 10.- Reporte el tiempo abierto como el tiempo más lejano en el que se obtiene desgarre de fibra en la unión. Reporte la temperatura de la muestra cuando se aplicó.

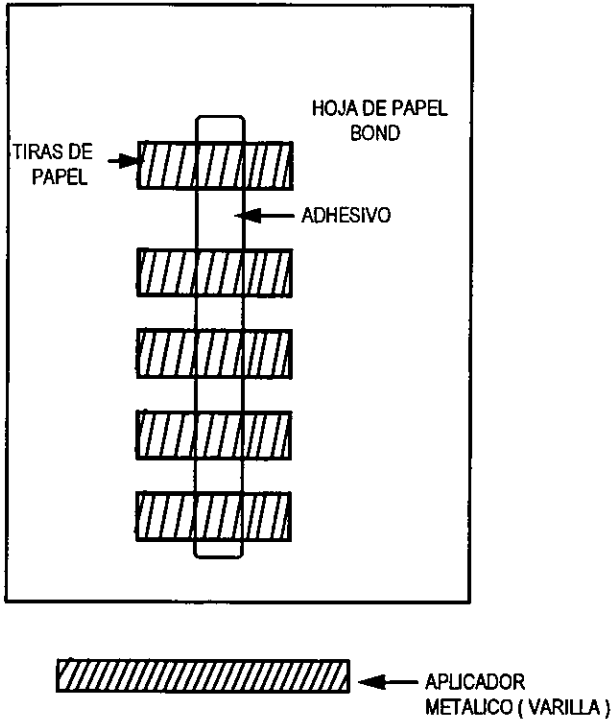


Figura 3.2-1 Dibujo de la prueba de tiempo abierto

3.2.2. Estabilidad Térmica

En muy pocas excepciones, los adhesivos son mezclas de compuestos orgánicos que son susceptibles a la degradación cuando se someten a elevada temperatura. Normalmente esto es muy raro que suceda en los adhesivos líquidos que se aplican a temperatura ambiente. Sin embargo en los Hot Melts que son adhesivos sólidos los cuales para ser aplicados es necesario fundirlos sometiéndolos a altas temperaturas tienden a degradarse con el calor.

Para evitar la degradación del Hot Melt con el calor, en las formulaciones se incluyen antioxidantes en pequeña cantidad, los cuales detienen pero no previenen permanentemente el proceso de degradación. Como un Hot Melt frecuentemente tiene que pasar por el ciclo de fusión/solidificación varias veces durante el proceso de aplicación, es importante conocer la estabilidad térmica que tiene para determinar las condiciones de temperatura bajo las que debe utilizarse.

Si al fundirse un Hot Melt se separa, esto nos indica una incompatibilidad parcial o total de los componentes del producto; por lo que no se obtendrán los resultados de adhesividad que

se requieren ya que las propiedades de un Hot Melt como son tack, adhesión y resistencia son resultado de una mezcla homogénea del producto y si los componentes que dan tack o resistencia se separan estas propiedades no se presentan en el adhesivo.

Unos Hot Melt son más susceptibles que otros al calentamiento prolongado para degradarse, dependiendo de las materias primas que lo compongan.

En muchos productos la degradación se manifiesta por la formación de carbonizaciones que son materiales no termoplásticos insolubles, el cual puede actuar como basura obstruyendo boquillas y filtros del equipo aplicador, lo mismo sucede cuando hay la formación de natas en el Hot Melt.

Durante el calentamiento prolongado el Hot Melt puede cambiar de viscosidad, cambiar de color, formar natas en la superficie y carbonizaciones.

En un Hot Melt que ha estado sometido a un calentamiento prolongado es importante determinar la viscosidad ya que ésta puede aumentar, disminuir o mantenerse constante como se muestra en la figura 3.2- 2.

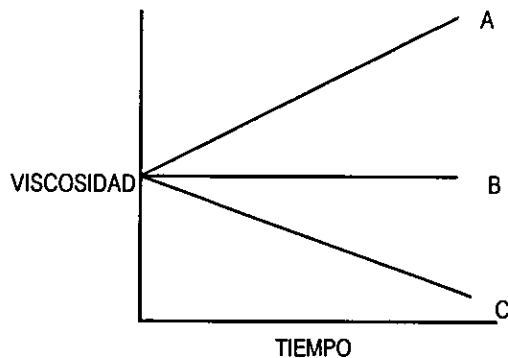


Figura 3.2-2 Efecto de la estabilidad térmica en los Hot Melts.

El aumento (A) o disminución (C) de la viscosidad en un Hot Melt que ha estado sometido a altas temperaturas por largos períodos de tiempo nos indica que el producto perdió su estabilidad térmica y que de usarse bajo estas condiciones originará uniones adhesivas defectuosas y débiles.

Si después de un calentamiento prolongado el Hot Melt mantiene su viscosidad constante (B) y no se detectan carbonizaciones y natas, esto significa que el producto tiene buena estabilidad térmica durante el tiempo que se ha sometido a calentamiento.

En la mayoría de las aplicaciones de Hot Melt éste permanece fundido en un recipiente por largos periodos de tiempo alimentándose por bombeo a la boquilla de aplicación, en otros casos el producto es constantemente agitado por un disco o un rodillo los cuales toman directamente el adhesivo para transferirlo al sustrato. Para la determinación de la estabilidad térmica en estos dos casos se realizan las siguientes dos pruebas.

Estabilidad Térmica Estática.

Esta prueba se realiza cuando un Hot Melt se mantiene fundido en un recipiente sin agitación. Para simular esta situación se llenan tres recipientes de aluminio con 150 g de Hot Melt cada uno, éstos se tapan y se meten al horno calentándose a una temperatura 20°C mayor a la temperatura de aplicación recomendada. Por ejemplo si el adhesivo se aplica a una temperatura entre 160 - 165°C se recomienda una temperatura de 185°C para la determinación de la estabilidad térmica.

Después de 8 horas de calentamiento un recipiente se saca del horno y se destapa examinando cuidadosamente si el adhesivo fundido tiene natas en la superficie y si la tiene que tan extendida está. El Hot Melt fundido se agita ligeramente con un agitador de vidrio para ver si se observa alguna separación.

Después de esta examinación visual se agita el adhesivo vigorosamente y se mide la viscosidad para construir una curva de viscosidad/temperatura. Finalmente se determina el color del Hot Melt comparándolo con el color inicial del producto.

Este procedimiento es repetido después de 16 y 24 horas de calentamiento con las muestras 2 y 3.

Al final de la prueba se comparan los resultados con el adhesivo original anotando cualquier cambio.

En el momento en que se determine que alguna de las muestras presentan cambios drásticos en su viscosidad y color o bien que presentan natas, carbonizaciones o gelado significa que el producto ha perdido su estabilidad térmica.

Por ejemplo si después de 16 horas de calentamiento el producto presenta alguna de estas características o varias de ellas significa que no tiene estabilidad térmica durante 16 horas de calentamiento continuo.

La aparición de natas y carbonizaciones pueden obstruir el sistema de aplicación además de originar uniones defectuosas ya que si se aplican en el sustrato, en el área donde se encuentren no habrá unión adhesiva.

En el caso de que el producto este gelado, esto nos indica que se han separado los componentes del adhesivo perdiendo sus propiedades iniciales.

Cuando la viscosidad aumenta o disminuye drásticamente (más de un 10%) el producto ya no tendrá la misma propiedad de humectación del sustrato originando uniones defectuosas.

Es importante considerar todos estos criterios durante la evaluación de la estabilidad térmica de un Hot Melt ya que cada uno de ellos nos indican que tan estable es el producto durante largos períodos de calentamiento.

Estabilidad Térmica Dinámica

Aunque esta prueba es similar a la anterior en cuanto a la medición del efecto del calor en un Hot Melt, ésta es más severa ya que el adhesivo está bajo constante agitación durante toda la prueba de tal forma que el adhesivo no solo está sujeto a la degradación térmica sino a la oxidación debido al aire que constantemente entra por la continua agitación. Esta técnica simula el efecto de la aplicación del Hot Melt por medio de disco o rodillo giratorio.

En un recipiente abierto de aluminio se calienta con agitación constante 500 g de Hot Melt a una temperatura 20°C mayor a la temperatura de aplicación. Después de 8 horas se toma una muestra de 150 g. examinando en el producto fundido la degradación térmica que este tenga, del mismo modo se evaluarán las muestras que se saquen a las 16 y a las 24 horas de calentamiento continuo.

Debido a que el adhesivo está en continua agitación no tendrá formación de nata o separación de componentes, pero la viscosidad y el color sí habrán cambiado.

El aumento o decremento en la viscosidad deberá ser mínimo, las muestras no deberán tener carbonizaciones, así como evidencias de gelado ya que si esto sucede el adhesivo no tiene estabilidad térmica.

Durante esta prueba a cada muestra se le determina su color y se realiza su curva de viscosidad contra tiempo la cual se comparara con la del producto inicial. También se registrará si se observan carbonizaciones o gelación en el producto.

3.3 Prueba de la unión adhesiva

La última y más importante etapa de un adhesivo ocurre después de que éste ha sido aplicado y se forma la unión manteniendo dos superficies juntas.

El consumidor espera en esta etapa que el adhesivo una las superficies y que ésta unión resista cualquier condición adversa que se pudiera presentar durante el tiempo de vida del producto. A menos que las pruebas de funcionalidad especifiquen sus propios requerimientos estas deberán realizarse bajo condiciones controladas de temperatura y humedad que son normalmente a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $50\% \pm 5\%$.

A continuación se describen las pruebas más utilizadas en la evaluación de las uniones adhesivas para los adhesivos Hot Melt.

3.3.1 Tack

La propiedad de un adhesivo llamada tack se define como " la habilidad (pegajosidad) de una película de adhesivo para formar una unión de fuerza medible con solo una presión ligera de ésta en el sustrato. Esta propiedad en un Hot Melt funciona por un tiempo muy corto a excepción del Hot Melt de presión sensitiva en el que el tack se conserva todo el tiempo.

El tiempo de tack en un Hot Melt permite que los sustratos permanezcan unidos mientras solidifica el adhesivo.

El tack lo forman los componentes de la formulación y varía ampliamente desde la forma cerosa hasta una pegajosidad extremadamente agresiva suficiente para romper ambos sustratos.

Estrictamente hablando el tack no es una propiedad de una unión adhesiva, pero es un importante proceso en la formación de la unión final.

Muchos adhesivos desarrollan tack durante el período de cambio de líquido a sólido a esto se le conoce como desarrollo de tack.

La velocidad de desarrollo de tack en un adhesivo es extremadamente importante y juega un papel fundamental en la selección del adhesivo para un proceso en particular.

Por ejemplo en el proceso de cerrado de caja se necesita el desarrollo de alto tack para prevenir que las tapas por la misma memoria del cartón separen la unión antes de que el adhesivo solidifique.

Como los adhesivos de presión sensitiva tienen tack permanente es relativamente fácil medir esta propiedad. Siendo el método más usado para medir esta propiedad el " rodado de balín " (Rolling Ball).

Este método consiste en dejar rodar hacia abajo un balín de acero de dimensiones conocidas en una rampa inclinada en la que se ha colocado la película de adhesivo. La distancia que viaja el balín se mide y se relaciona con el grado de tack del adhesivo. A distancias recorridas más cortas, se tiene mayor nivel de tack.

3.3.2 Peel Strength (Resistencia al pelado)

Para ciertas aplicaciones la resistencia al pelado (Peel Strength) es de importante consideración específicamente cuando se trata de etiquetas y cintas de presión sensitiva. Como regla general el Peeling (pelado) de un sustrato en una unión debe dar por resultado la ruptura de la superficie. Sin embargo hay veces que esto no es deseable o imposible de alcanzar, un ejemplo son las etiquetas autoadheribles que se colocan en la ropa nueva, en éstas es muy importante que se desprendan fácilmente de la prenda cuando ésta se va a usar y que no quede ningún residuo de adhesivo. Es así que dependiendo del uso final del adhesivo autoadherible será la fuerza de pelado (Peel Strength) que éste desarrolle en el desprendimiento de uno de los sustratos.

La prueba que se realiza para la determinación del Peel Strength consiste en una película de adhesivo aplicada a un sustrato flexible ya sea papel o plástico, esta película se adhiere a una superficie rígida, la cual generalmente es de acero inoxidable o vidrio y por medio de un equipo que mide la tensión (tensiómetro) se determina el Peel Strength requerido para separar la película de adhesivo de la superficie rígida, una vez separada ésta no deberá existir transferencia del adhesivo entre los dos sustratos, debiendo ser la separación limpia y suave.

A esta prueba también se le conoce con el nombre de 180° Peel (Pelado a 180°) debido a que al separarse el sustrato flexible adherido a la superficie rígida forma un ángulo de 180° tal y como se muestra en la figura 3.3 -1

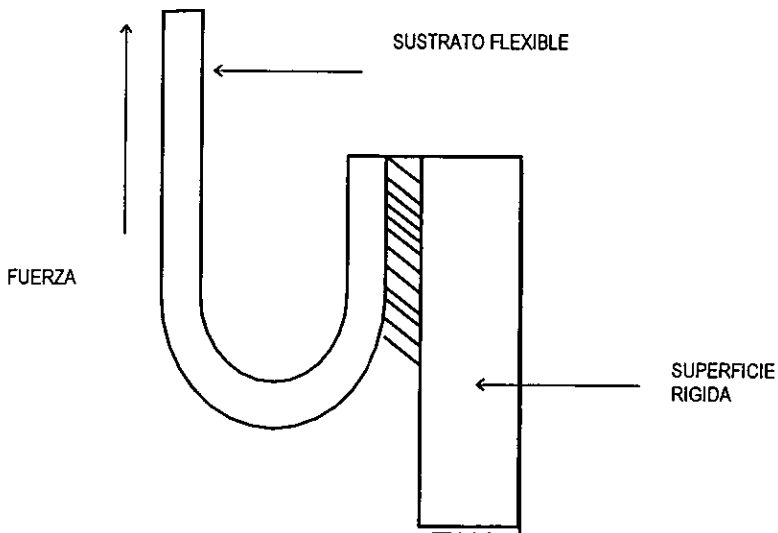


Figura 3.3-1 Prueba de 180° Peel Strength (Resistencia al pelado a 180°)

Otra prueba de Peel Strength (resistencia al pelado) consiste en la separación de dos sustratos flexibles que tienen una unión adhesiva mediante la aplicación de una fuerza contraria a la unión en ambas orillas de los sustratos. Una representación más clara de esta prueba se observa en la figura 3.3-2.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

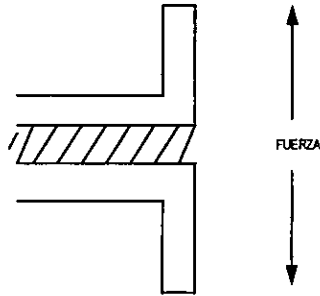


Figura 3.3-2 Prueba de Peel Strength (resistencia al pelado)

En la realización de ambas pruebas se utiliza un dinamómetro (figura 3.3-3)

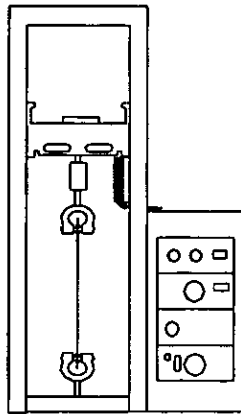


Figura 3.3-3 Dinamómetro Instron

3.3.3 Resistencia a la tensión, al corte y a la división (Tensil, Shear & Cleavage Strength)

Estos tipos de pruebas al igual que el de resistencia al pelado (Peel Strength) miden la fuerza que se requiere para separar la unión adhesiva, siendo el más utilizado el instron que se muestra en la figura (3.3-3). Este equipo cuenta con dos mordazas que sujetan los sustratos a los que se desea medir la resistencia de la unión adhesiva, registrándose en la pantalla digital del equipo la fuerza aplicada para separar la unión, así como la fuerza máxima y mínima que se aplica durante la prueba.

El equipo también cuenta con un graficador para obtener gráficas del comportamiento de la separación de las uniones adhesivas.

La prueba de resistencia a la tensión (Tensil Strength) se mide cuando dos superficies que están unidas por uno de sus lados , se separan en dirección contraria a la unión adhesiva mediante la aplicación de una fuerza en el lado opuesto de cada sustrato, tal y como se muestra en la figura 3.3-4.

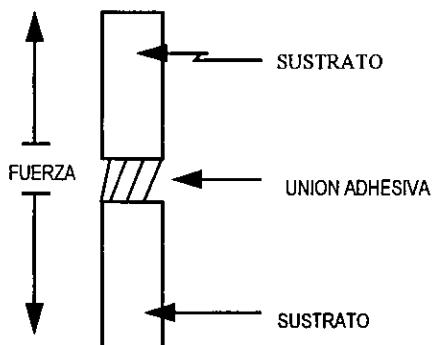


Figura 3.3-4 Prueba de resistencia a la tensión (Tensile Strength)

La prueba de resistencia al corte (Shear Strength) se determina cuando la unión de los sustratos se separan aplicando una fuerza transversal a la unión adhesiva de acuerdo a como se muestra en la figura (3.3-5)

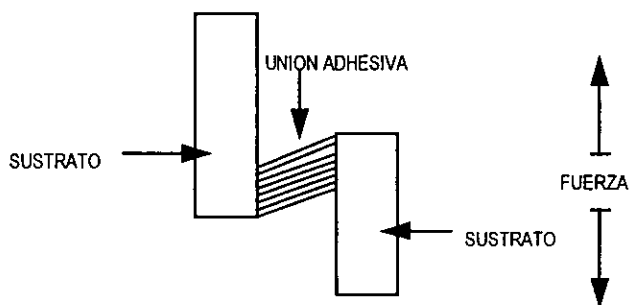


Figura 3.3-5 Prueba de resistencia al corte (Shear Strength)

La prueba de resistencia a la división consiste en aplicar una fuerza contraria al inicio de la unión en ambos lados de los sustratos tal y como se muestra en la figura 3.3-6 .

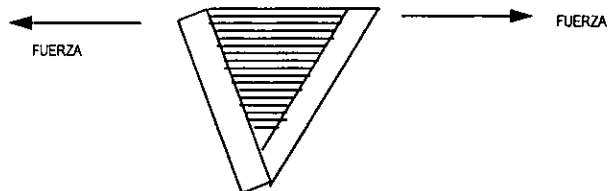


Figura 3.3-6 Prueba de resistencia a la división (Cleavage Strength)

Todas estas pruebas miden la resistencia de la unión adhesiva tratando de simular los esfuerzos a la que ésta estará sometida, midiendo la resistencia que tiene la unión adhesiva con el propósito de asegurar que realmente resistirá el uso final que se le da al producto.

IV SISTEMAS DE APLICACIÓN DE ADHESIVOS HOT MELT

En la industria se utilizan tres sistemas básicos de aplicación de Hot Melt siendo estos:

- Aplicadores de capa
- Aplicadores de disco
- Aplicadores de inyección

Cada uno tiene sus ventajas y limitaciones dependiendo de las necesidades del proceso y de los materiales que se desean unir.

La selección de un adecuado sistema de aplicación es muy importante para el éxito de la aplicación del adhesivo y la adecuada unión de los sustratos.

En esta sección se describen los principios de cada aplicación, así como las características del adhesivo que se utiliza en particular su viscosidad y tiempo abierto.

Una vez descritos los sistemas de aplicación se revisan los factores que determinan la selección de un adhesivo Hot Melt, las variables que afectan el comportamiento de éste, su manejo y para finalizar se analizan los problemas que suceden durante el uso del Hot Melt indicando las soluciones más viables a estos.

4.1 Aplicadores de capa

Los aplicadores de capa son un método de aplicación de Hot Melt simple y de bajo costo. Estos sistemas consisten de una barra o dedos, los cuales se sumergen en un baño de adhesivo fundido levantando el adhesivo y colocando un capa de éste en el sustrato.

Estos aplicadores solo pueden ser utilizados en máquinas de movimiento intermitente lo que limita la velocidad de los procesos.

Cuando se aplica un adhesivo Hot Melt es mejor aunque no siempre es posible aplicar el adhesivo en la superficie más difícil de unir. Es por esta razón por la que hay aplicadores de capa superiores e inferiores, tal y como se muestra en las figuras 4.1-1 y 4.1-2 respectivamente.

En estos sistemas de aplicación se requieren bajas viscosidades para tener aplicaciones limpias. El rango de viscosidad más adecuado es entre 400 - 1200 cps.

Estos sistemas tienen la limitante que la cantidad de adhesivo a aplicar no se puede controlar aumentando o disminuyendo la viscosidad del adhesivo ya que si se utiliza un adhesivo de alta viscosidad se aplicaría mayor cantidad de adhesivo teniéndose una aplicación sucia debido al escurrimiento y formación de telarañas, por otro lado si la viscosidad se disminuye se aplicaría menor cantidad de adhesivo ya que el adhesivo resbalaría del aplicador.

Por estas causas es importante que el ancho de la barra o dedos del aplicador se seleccione de acuerdo al adhesivo y al sustrato que se desea unir. En el caso de que ya exista el aplicador de capa es importante considerar para la selección del adhesivo el tiempo abierto y la viscosidad del adhesivo para su selección.

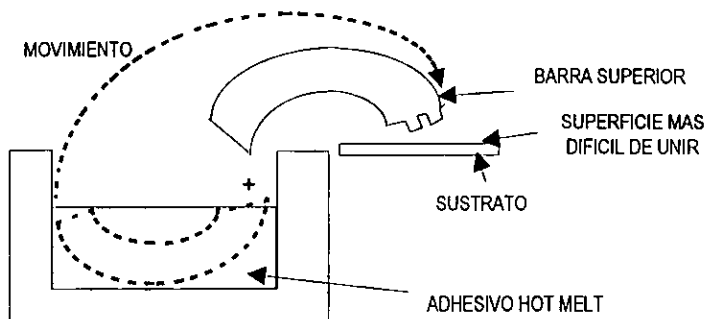


Figura 4.1-1 Aplicador de capa superior

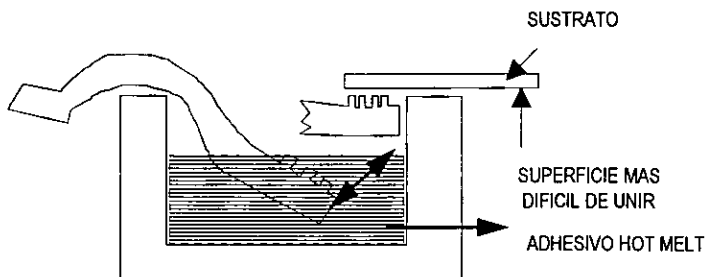


Figura 4.1-2 Aplicador de capa inferior

4.2 Aplicador de disco

Los aplicadores de disco son un método de aplicación de adhesivos Hot Melt muy popular. En este tipo de sistemas el adhesivo se aplica a medida que la superficie (sustrato) se mueve, siendo comúnmente usados para el cerrado de cajas de cartón.

En comparación con los aplicadores de capa éstos se usan en máquinas de proceso continuo, siendo ideal su uso en equipo de alta velocidad donde la aplicación sea en línea recta.

El aplicador de disco básico consiste en un disco parcialmente inmerso en un baño de adhesivo y una cuchilla ajustable que controla la cantidad de adhesivo en el disco que se va a transferir al sustrato, de tal forma que se tiene el control sobre la cantidad de adhesivo que se aplica.

En la figura 4.2-1 se muestra el dibujo de un aplicador de disco básico.

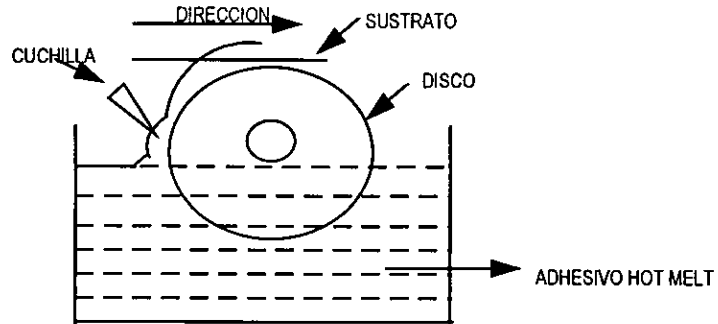


Figura 4.2-1 Aplicador de disco básico

En este sistema de aplicación el tiempo abierto del adhesivo se controla ajustando la distancia entre la cuchilla y el disco, entre más separación exista se aplica mayor cantidad de adhesivo incrementándose así el tiempo abierto.

Para tener mejores resultados es también importante ajustar la altura de la barra guía que se encuentra arriba del disco. Esta barra es usada para guiar el sustrato dentro del disco que aplica el adhesivo. En algunas máquinas se usa un plato o rodillo en lugar de la barra.

Si la barra guía presiona el sustrato fuertemente al disco habrá una presión del adhesivo a los lados del disco lo que origina que se formen bordes laterales de adhesivo, lo que reduce el control del tiempo abierto de éste, para evitar esto es importante ajustar la altura de la barra guía de tal forma que el sustrato toque el adhesivo de la rueda levantando una capa de ese, con esto se logra un control óptimo del tiempo abierto además de buenas uniones de sustratos.

La figura 4.2-2 muestra el efecto de los bordes laterales de adhesivo así como una correcta aplicación.

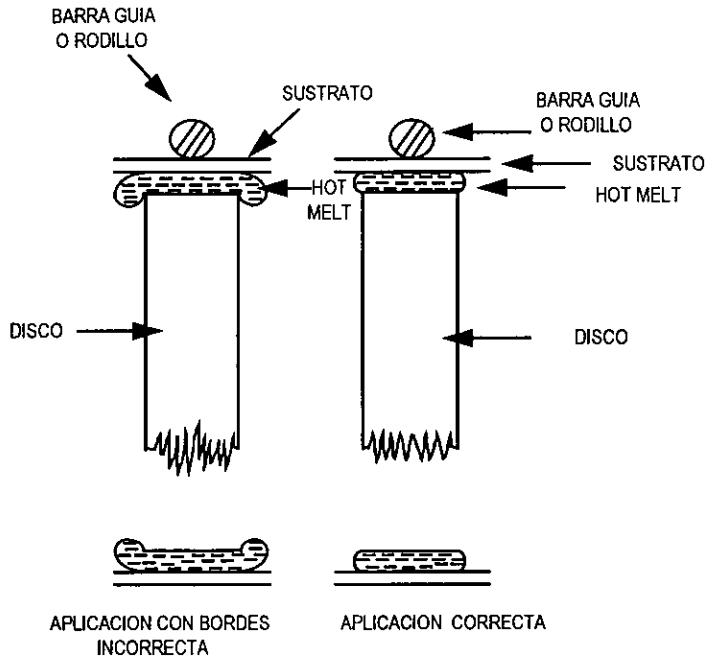


Figura 4.2-2 Ejemplo de aplicación incorrecta con bordes laterales y una aplicación correcta homogénea cuando hay una altura adecuada en la barra guía.

Hasta aquí se han revisado los aplicadores de disco convencional que tienen una superficie plana de contacto, sin embargo este tipo de disco no son los únicos ya que también se usan en la industria otros tipos de discos los cuales veremos a continuación.

4.2.1 Discos cóncavos

Los discos cóncavos son generalmente más estrechos que los discos planos y tienen una superficie de contacto cóncava la cual se muestra en la figura 4.2-3

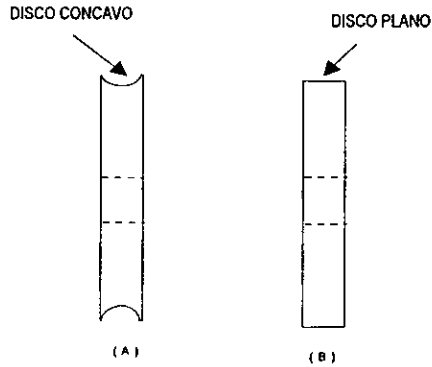


Figura 4.2-3 Diferencia de la superficie exterior de un disco cóncavo y un disco plano.

Los discos cóncavos pueden tener una cuchilla que está en contacto con la orilla del disco en alguno de los lados de la sección cóncava o bien puede tener como los discos planos una cuchilla abierta y la barra guía ajustada.

Una ventaja de los discos cóncavos es que se aplica una capa más alta de adhesivo obteniéndose un mayor control del tiempo abierto del Hot Melt.

4.2.2 Discos segmentados

Los discos planos y los cóncavos pueden tener cortes en su superficie formando segmentos tal y como se muestra en la figura 4.2-4 en la que se observa como el disco tiene dos cortes que lo dividen en dos segmentos.

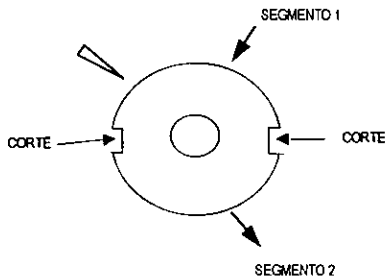


Figura 4.2-4 Disco con dos segmentos.

Los cortes en el disco no tienen contacto con el sustrato son los segmentos las superficies que están en contacto con el sustrato lo que permite una aplicación intermitente del adhesivo.

Un disco puede tener varios segmentos dependiendo de las necesidades de aplicación que se tengan.

En la figura 4.2-5 se presenta el ejemplo de una aplicación de adhesivo en dos secciones. Para la unión de la tapa de una caja.

Para la aplicación de estas dos secciones de adhesivo se utilizó un disco con dos segmentos como el que se muestra en la figura 4.2-4. En este caso la circunferencia del disco tiene la misma longitud de la tapa de la caja, de tal forma que el primer segmento del disco aplica la primera sección de adhesivo al inicio de la tapa, mientras que el segundo segmento del disco aplica la segunda sección del adhesivo de la mitad de la tapa al extremo final de ésta. Con este tipo de aplicación se previene que el adhesivo salga de la tapa además de dejar una abertura para que sea más fácil abrir la caja.

Esta clase de discos solo aplican el adhesivo en la dirección de viaje del sustrato.

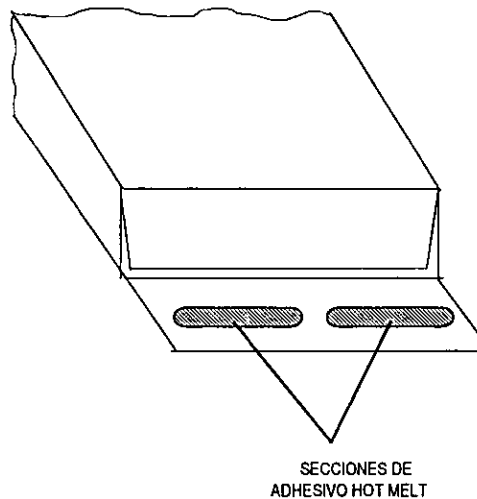


Figura 4.2-5 Aplicación de dos secciones de adhesivo en la tapa de una caja utilizando un disco de dos segmentos.

4.2.3 Discos con celdas circulares

Estos discos son usados para la aplicación intermitente del adhesivo en forma de lunares. Tienen la forma de un rodillo estrecho con celdas perforadas en su superficie. La cuchilla está cerca de la superficie del disco para limpiar la parte superior a excepción del material contenido en las celdas.

La figura 4.2-6 muestra el dibujo de este tipo de discos.

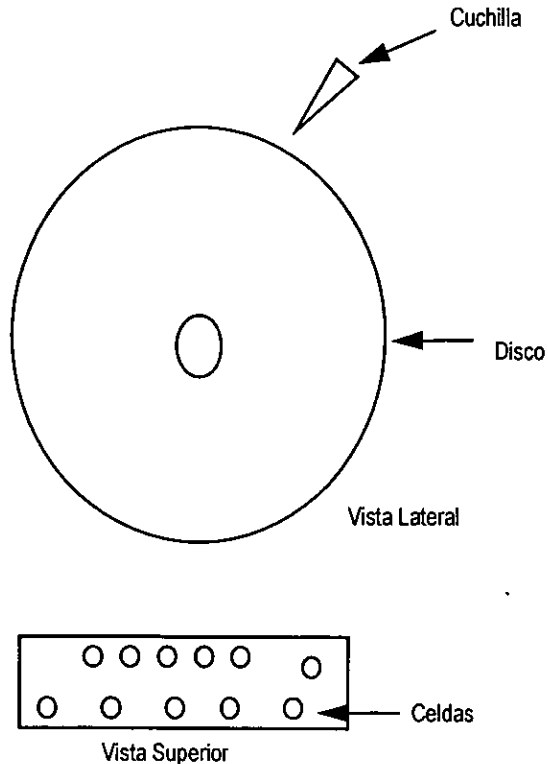


Figura 4.2-6 Aplicador de disco con celdas circulares

La cantidad de adhesivo que se aplica en los discos con celdas circulares está determinada por el tamaño de la celda; por lo que el tiempo abierto del adhesivo no puede ser modificado por la variación de la cantidad aplicada. Es por esto que la selección del adhesivo para este tipo de aplicadores debe estar basada en el tiempo abierto que se requiere en el sistema de aplicación.

Este tipo de discos se utilizan para aplicar el adhesivo por la parte superior o inferior del sustrato. El rango de viscosidad de los adhesivos usados en estos sistemas tienen un rango de 500-2000 cps.

4.2.4 Aplicación de disco con auto llenado

En los sistemas de aplicación de Hot Melt es importante que el recipiente de aplicación se llene frecuentemente con pequeñas cantidades de Hot Melt sólido. Esto previene altas variaciones en la temperatura del adhesivo fundido ya que si se adiciona gran cantidad de Hot Melt sólido, el producto fundido se enfriará, lo que originará que la temperatura de aplicación baje dándose una pobre adhesión, además de la formación de fibras y telarañas de adhesivo.

Si no se vigila y alimenta frecuentemente el recipiente de adhesivo, origina que éste se vacíe y ocurran frecuentes paros en el equipo ya sea por falta de adhesivo o por una baja temperatura del producto. Este problema se agrava cuando se usa más de un aplicador en una máquina. Por ejemplo el cerrado de una caja de cartón por tres de sus lados. En este caso se tienen tres recipientes de aplicación siendo muy difícil controlar al mismo tiempo el nivel de adhesivo, para solucionar este problema lo más conveniente es instalar un sistema automático. En este caso se instalaría un tanque de prefundido de Hot Melt de donde el Hot Melt fundido se bombea a los tres recipientes de aplicación por medio de una manguera con calentamiento. Cada uno de los recipientes de aplicación están diseñados para mantener un nivel constante.

La figura 4.2-7 muestra el dibujo de este sistema.

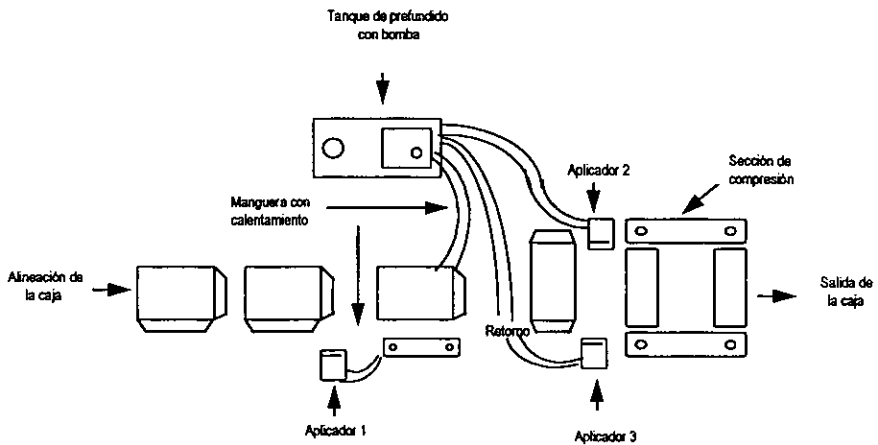


Figura 4.2-7 Cerrado de 3 tapas de una caja de cartón utilizando aplicadores de disco con auto llenado

Las ventajas de los sistemas de auto alimentación son.

- 1.- El nivel de Hot Melt en el sistema de aplicación es constante.
- 2.- Se mantiene el control de la temperatura en la aplicación del Hot Melt.
- 3.- Se minimiza la degradación del adhesivo.
- 4.- Sólo se tiene una alimentación de Hot Melt en estado sólido.
- 5.- No hay paros por falta de material; por lo que se aumenta la producción.
- 6.- El sistema está casi totalmente cerrado reduciéndose el riesgo de contaminación
- 7.- Se minimizan los humos de Hot Melt.

4.2.5 Viscosidades requeridas en los aplicadores de disco

Los adhesivos más adecuados para usarse en los aplicadores de disco son los que a la temperatura de operación tienen un rango de viscosidad entre 500 y 1500 cps.

Sí el adhesivo tiene una viscosidad menor a 500 cps, éste se escurrirá del disco antes de tocar el sustrato con lo que se perdería el control de la cantidad aplicada no lográndose una adecuada unión de los sustratos por la falta de adhesivo.

En los adhesivos que tienen viscosidades superiores a los 1500 cps se formarán fibras y telarañas en el sustrato antes de que éste salga del disco de aplicación, lo que ocasionaría frecuentes paros en la producción para limpiar la máquina. Sin embargo se pueden usar adhesivos con viscosidades por arriba de los 1500 cps siempre y cuando se controle la formación de fibras y telarañas de adhesivo, para evitar esto se utiliza ya sea un alambre con calentamiento junto al disco o bien utilizando un disco antifibras.

El alambre caliente se coloca inmediatamente después del disco. Este corta las fibras de adhesivo o telarañas y las regresa al recipiente de Hot Melt. Los discos antifibras son pequeños y se colocan a los lados de los aplicadores del disco. Los discos antifibras rotan en dirección inversa y recolectan las fibras de adhesivo regresándotas al recipiente. En la figura 4.2-8 se muestra el dibujo de una aplicación con disco antifibras.

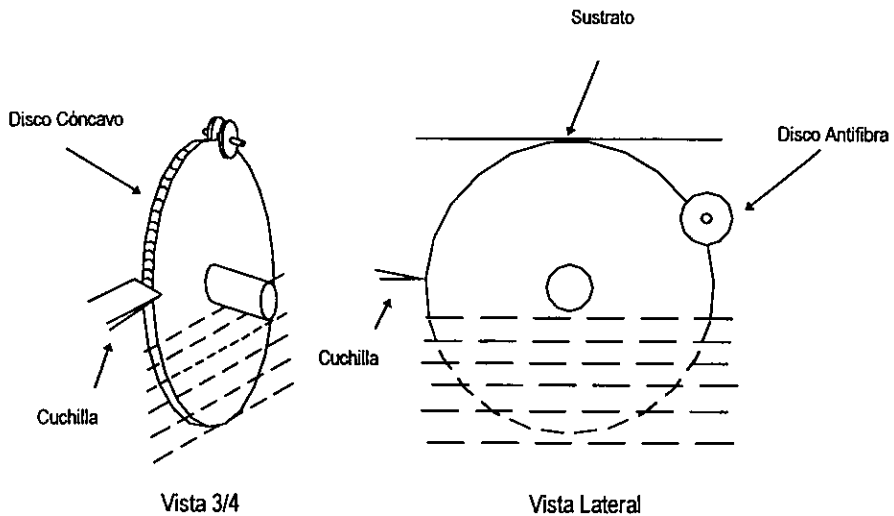


Figura 4.2-8 Aplicador de disco cóncavo con disco antifibras

4.3 Aplicadores de boquilla

Los aplicadores de boquilla son los de mayor uso en la industria para la aplicación de adhesivos. Estos son sistemas totalmente cerrados que pueden aplicar el adhesivo en cualquier dirección.

Los sistemas de capa y de disco son sistemas de contacto mientras que en el sistema de boquilla no existe ese contacto sino que el adhesivo se esprea a una pequeña distancia, en toda el área de pegado de un sustrato que este estacionario o en movimiento.

Estos sistemas son los más versátiles para controlar la cantidad de adhesivo que se desea aplicar y por lo tanto el tiempo abierto del adhesivo.

Los aplicadores de boquilla comprenden un tanque, una bomba, manguera con calentamiento y una boquilla con calentamiento o una pistola. La figura 4.3-1 muestra un esquema del sistema de aplicación por boquilla. Estos sistemas existen con mangueras y boquillas solas o múltiples o bien con aplicadores de pistola.

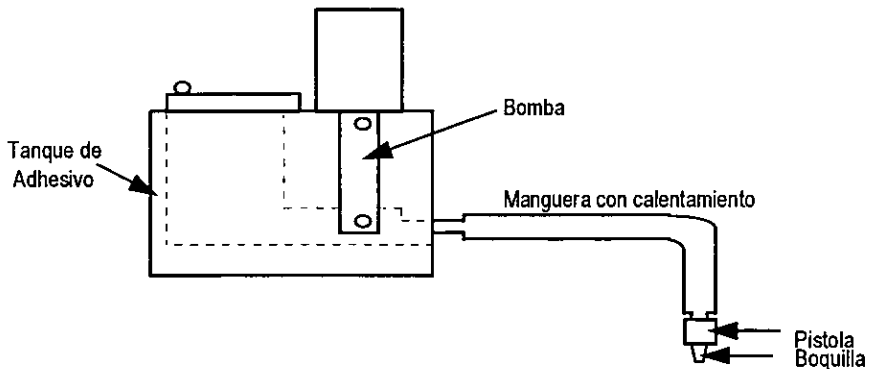


Figura 4.3-1 Sistema de aplicación de boquilla

Las características más importantes de las partes que componen el sistema de aplicación por boquilla son descritas a continuación.

4.3.1 Bombas

El tipo de bomba más usado en la aplicación de Hot Melt por boquilla son las bombas de doble pistón con motor de aire.

Si continuamente se interrumpe la aplicación de adhesivo lo más recomendable es usar una bomba de engranes.

La presión del aire de la bomba puede variarse y ser usada para controlar la cantidad de adhesivo que se desea aplicar. La presión normal de las bombas usadas tienen un rango de presión de 1- 3 BAR (14 - 42 PSI) aunque es posible usar presiones por arriba de 6 BAR (84 PIS). En las bombas recíprocantes manejadas por aire que tienen una relación de bombeo en la región de 10:1. Esto significa que la presión hidráulica en el adhesivo es 10 veces mayor que la presión del aire, por ejemplo la presión del aire de la bomba de 6 BAR da 60 BAR de presión hidráulica en el adhesivo. Por esto es importante utilizar la presión más baja que sea posible para controlar la aplicación del adhesivo. Lo cual también se logra con la apropiada selección del tamaño de la boquilla, por ejemplo en una boquilla grande, una baja presión de la bomba dará la misma aplicación de adhesivo que si se utiliza una boquilla de menor tamaño con mayor presión de la bomba.

También se tienen bombas de engranes de baja presión para sistemas de aplicación que generalmente usan boquillas de grandes orificios. Este tipo de bombas normalmente se encuentran en sistemas con recirculación de adhesivo.

4.3.2 Filtros

Los aplicadores de boquilla tienen un filtro de cartucho de malla metálica muy fina inmediatamente después de la bomba. Esto asegura que las impurezas que inadvertidamente pasen al sistema no tapen la boquilla causando costosos paros en la producción. Los filtros deben chequearse y limpiarse a intervalos de tiempo regulares.

Bajo condiciones extremas éstos pueden bloquearse con carbonizaciones produciéndose pérdidas significativas de producto y malas uniones de los sustratos.

Algunas veces se utilizan filtros secundarios entre la manguera y la pistola. Estos se conocen como filtros en línea, éstos son pequeños y pueden bloquearse en un corto espacio de tiempo; por lo que deben ser revisados frecuentemente.

La figura 4.3-2 muestra los filtros de cartucho y de línea.

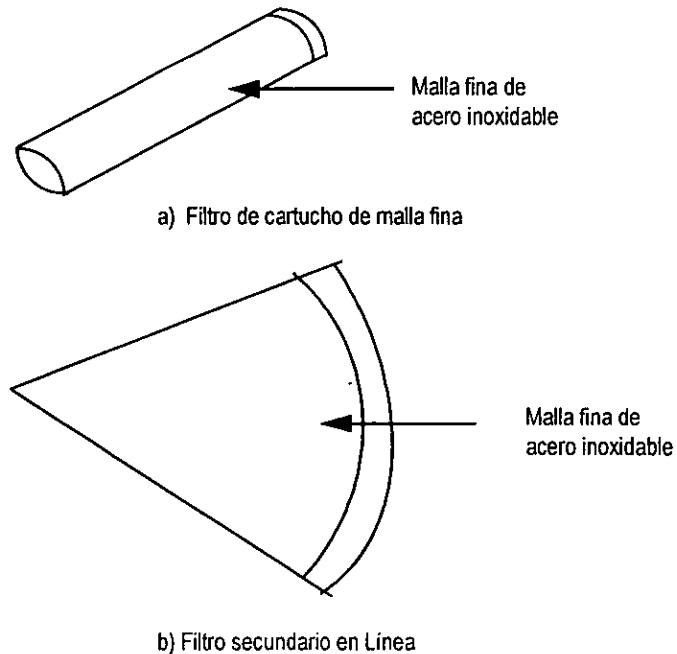


Figura 4.3-2 a) Filtro de cartucho y b) Filtro secundario en línea

4.3.3 Pistolas

Existen diferentes tipos de pistolas para una gran variedad de aplicaciones de adhesivos. Sin embargo todas ellas utilizan los mismos principios básicos de funcionamiento para abrirse y cerrarse durante la aplicación del adhesivo.

La figura 4.3-3 muestra una pistola de un orificio operada con aire. Esta consiste en 3 unidades básicas: La unidad de extrusión, la unidad de servicio y la unidad de soporte.

La unidad de extrusión comprende un cilindro de aire y un pistón conectado a una aguja con un balín. Cuando la pistola está cerrada el balín descansa sobre un asiento. El aire es controlado por una válvula solenoide operada eléctricamente que es usada para presurizar el aire del cilindro y levantar el balín del asiento, siguiendo la extrusión del Hot Melt.

Cuando el aire de la válvula solenoide se cierra y la presión del aire se libera, la aguja se cierra por la liberación de la presión.

La unidad de servicio contiene el calentador y el sensor de temperatura para el control de la temperatura del adhesivo durante su aplicación.

La unidad de soporte es el bloque de soporte que la sostiene.

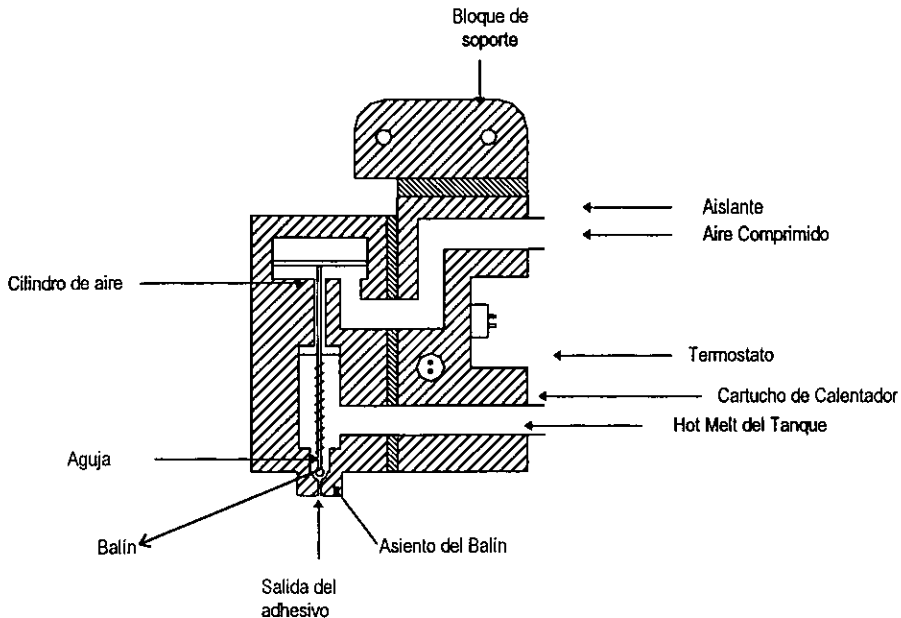


Figura 4.3-3 Pistola operada por aire

Además de las pistolas operadas con aire existen las pistolas eléctricas, las cuales se utilizan cuando no se tiene disponibilidad de suministro de aire o donde se requieren aplicaciones de adhesivo muy precisas.

4.3.4 Boquillas

Existe una amplia variedad de boquillas, cada una diseñada para una necesidad específica. La más comúnmente usada es la de un orificio, aunque también se utilizan boquillas con múltiples orificios.

En las boquillas de un solo orificio la pistola está adaptada a una boquilla la cual puede tener diferente tamaño de orificio para aplicar diferentes cantidades de adhesivo.

Existen dos variables que son importantes considerar cuando se selecciona una boquilla con un solo orificio. Estas variables son el diámetro del orificio y la longitud de éste.

El diámetro del orificio determina la velocidad de flujo del adhesivo Hot Melt a una presión fija de bombeo. A mayor diámetro, mayor velocidad de flujo y viceversa. La velocidad de flujo depende del espesor y tamaño de la película de adhesivo requerida y de la velocidad lineal del sustrato que pasa por la pistola si la velocidad del sustrato se duplica y la cantidad de adhesivo se reduce a la mitad se necesitará una boquilla más grande para mantener el tamaño y espesor de la película de adhesivo original.

La tabla 4.3-4 lista los factores que se tienen que considerar para la selección de una boquilla.

Tabla 4.3-4
Factores que influyen en la selección de las boquillas

• Presión del aire en la bomba	Rango • Recomendable de 20-40 P.S.I.. (1 ½-3 BAR)
• Tamaño y espesor de la película de adhesivo	• Determinado por el área de pegado, la fuerza de la unión y el tiempo abierto del Hot Melt.
• Velocidad lineal del sustrato	• Afecta en tamaño y espesor de la película de adhesivo
• Longitud de la boquilla	• Afecta en la confiabilidad y limpieza de la aplicación
• Viscosidad del adhesivo	• Afecta la velocidad de flujo

La longitud de la boquilla afecta la confiabilidad de la aplicación del adhesivo y la limpieza de ésta. Con boquillas largas se tienen aplicaciones más confiables. Esto quiere decir que se tendrá un mayor control de la cantidad de adhesivo aplicada. En la figura 4.3-5 se presenta este tipo de boquilla.

Con el uso de boquillas pequeñas de menor longitud se logran aplicaciones de adhesivo más limpias, esto significa que no hay fibras, salpicaduras o hilos de adhesivo fuera del área de aplicación. Esto se debe a que hay menor cantidad de adhesivo entre el asiento del balín de la pistola y el final de la salida de la boquilla en la figura 4.3-6 se presenta una boquilla corta.

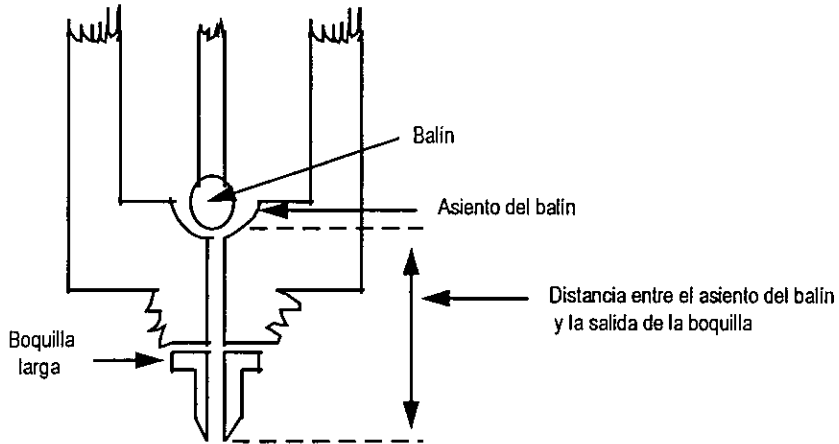


Figura 4.3-5 Boquilla larga

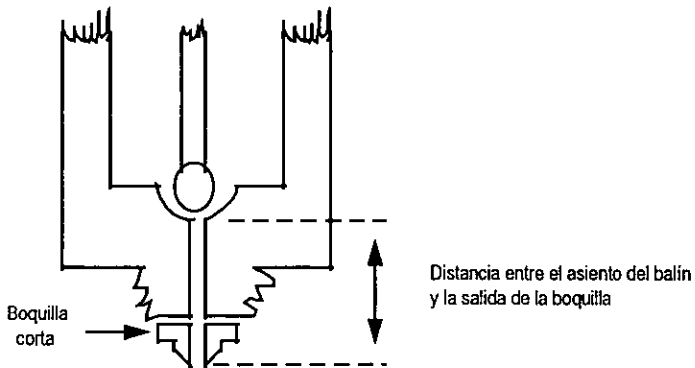


Figura 4.3-6 Boquilla corta

Las boquillas de múltiples orificios son usadas para aplicar dos o más líneas de adhesivo a partir de una boquilla.

El número máximo de orificios que puede tener una boquilla es de cuatro aunque estas son raramente usadas. Las boquillas con dos orificios son las más ampliamente usadas, sin embargo el uso de estas no es recomendable para aplicaciones de películas de adhesivo continuas o muy largas.

Esto se debe a que puede ocurrir que solo haya flujo de adhesivo en un orificio o menor cantidad de éste. En aplicaciones cortas o intermitentes no se da este problema.

En las boquillas de dos orificios éstos se encuentran en ángulo uno de otro (ángulo A- figura 4.3-7) para poder seleccionarse la distancia que se quiera entre ambas líneas de adhesivo, debe tomarse en cuenta que a mayor distancia del sustrato mayor será la distancia entre las líneas de adhesivo.

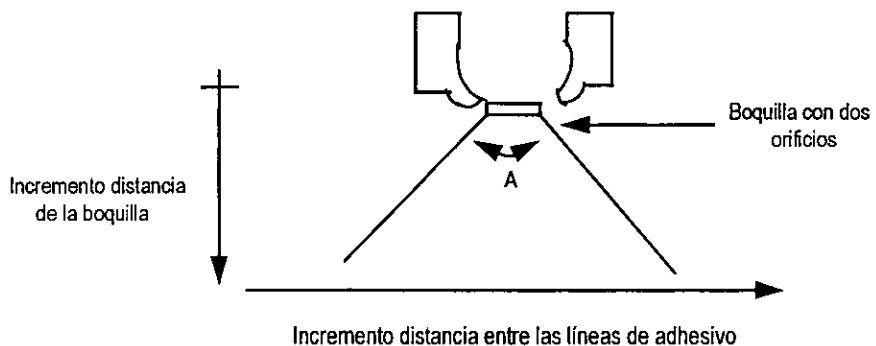


Figura 4.3-7 Boquilla de dos orificios

4.3.5 Viscosidad del adhesivo para aplicadores de boquilla.

Los aplicadores de boquilla pueden manejar un amplio rango de viscosidad que van de 500 a 2000 c.p.s. Las mejores aplicaciones se dan generalmente en viscosidades que se encuentran en el límite inferior.

4.4 Resumen comparativo de los sistemas de aplicación

Los principales sistemas de aplicación industrial de adhesivos son los aplicadores de capa, disco y boquilla, los cuales tienen cada uno beneficios y requerimientos particulares. En la

tabla 4.4-1 se presenta un resumen comparativo de estos sistemas de aplicación desde el punto de vista de los usuarios de adhesivo.

Tabla 4.4-1 Comparación de los sistemas de aplicación de adhesivo

	Placa	Disco	Boquilla
Area de la línea de adhesivo	Película delgada	Película de baja a media	Película gruesa
Control de la cantidad de adhesivo • Fácil • Menos fácil	Temperatura Forma de la placa	Cuchilla Presión del sustrato en el disco.	Presión de la bomba Tamaño de la boquilla.
Control del tiempo abierto	Bajo	Medio	Alto
Viscosidad del adhesivo	Bajo	Bajo a Medio	Bajo a Alto
Sistema cerrado para prevenir degradación o contaminación del adhesivo	No	Parcial	Totalmente

4.5 Selección del sistema de aplicación

La selección del sistema de aplicación de Hot Melt es muy importante ya que de este dependerá en gran medida el éxito o fracaso del proceso de adhesión que se quiera realizar.

Los factores que deben tomarse en cuenta para la selección y dimensiones del sistema de aplicación son:

- 1.- Conocer el tipo de sustrato que se va a unir, cuales son sus dimensiones, de que material está hecho, que tipo de unión se requiere y el tamaño de la unión adhesiva.

- 2.- Una vez que se conocen perfectamente las características del sustrato y el tipo de unión que se requiere se debe estimar la cantidad de adhesivo en Kg./hora que se utilizará en la unión de los sustratos.
- 3.- El costo del sistema de aplicación es un factor importante ya que de acuerdo a la inversión que se desee realizar se podrá determinar cual sistema es el más adecuado a nuestros requerimientos.
- 4.- Conocer el costo del adhesivo nos permitirá estimar el costo de la unión adhesiva y decidir cual es el sistema más conveniente.
- 5.- La rapidez de limpieza es otro factor importante para estimar los tiempos muertos que se tendrán debido a la limpieza del equipo.
- 6.- La velocidad de la aplicación nos permitirá comparar el número de unidades producidas comparándolo con los requerimientos que se tienen.
- 7.- La temperatura de fusión y de aplicación son importantes ya que mediante éstas se podrán estimar los requerimientos de energía así como el tiempo que se tardaría en fundir el Hot Melt.

Todos estos factores son importantes analizarlos considerando las necesidades de producción que se requieran así como la inversión que se esté dispuesto a realizar con el propósito de seleccionar el sistema de aplicación que cumpla los requerimientos que se necesiten.

4.6. Selección del Hot Melt

Para la selección del Hot Melt que se debe utilizar en la unión de los diferentes tipos de sustratos es necesario considerar varios factores para obtener el óptimo funcionamiento de éste en el sistema de aplicación y así tener uniones fuertes y duraderas que cumplan las condiciones de uso a las que serán sometidas.

A continuación se presentan los criterios más importantes que se deben considerar para la selección de un Hot Melt.

- 1.- Es importante que el usuario de Hot Melt conozca las condiciones a las que será sometida la unión adhesiva durante su uso para seleccionar el adhesivo que resista estas condiciones extremas evitando así el uso de un adhesivo inapropiado.

Las condiciones extremas que a veces se presentan durante el uso de los productos que tienen uniones adhesivas son:

- Los esfuerzos que soportan las uniones como son tensión, elongación, compresión y resistencia al impacto
- Las temperaturas extremas ya sean altas o bajas.

- La humedad del medio ambiente
- El contacto de la unión adhesiva con grasas, aceites u otros agentes químicos.

2.- Materiales que serán unidos

Para la selección del Hot Melt es importante conocer las características y naturaleza de los sustratos que se desean unir para lograr una unión fuerte con el adhesivo seleccionado.

Dentro de las características más importantes que se recomiendan conocer en los sustratos es determinar si estos son materiales porosos como papel, cartón, madera o bien materiales no porosos como los plásticos o si son una combinación de ambos como por ejemplo cartón o papel con recubrimientos plásticos.

Ejemplo de materiales empleados en las uniones adhesivas con Hot Melt son: papel y cartón, papel recubierto con cera, vidrio sin tratar y con tratamiento, cartón con recubrimiento de caolín, cartón pintado o barnizado, foil y película de aluminio, foil y película de acetato de celulosa, foil y películas de PET (polietileno tereftalato), polietileno sin tratamiento y con tratamiento, madera, cuero, telas sintéticas.

3.- Si la unión adhesiva forma parte del empaque de alimentos, tanto el adhesivo Hot Melt como sus materias primas deberán estar aprobados por la FDA (Food Drug Administration) para poder ser usados en el empaquetado de alimentos.

La FDA es un organismo en Estados Unidos que regula la aprobación de productos que están en contacto directo con alimentos o con personas.

4.- Para la selección del Hot Melt es muy importante tener definido el sistema de aplicación ya que de éste depende la forma y tipo de adhesivo que se seleccione así como su viscosidad y temperatura de aplicación.

5.- Es necesario conocer la estabilidad térmica del adhesivo a la temperatura de operación para prevenir que ocurran fallas en la unión adhesiva o bien que éste se degrade al estar sometido por largos periodos de tiempo a altas temperaturas de trabajo.

6.- En la selección del adhesivo se deben conocer las propiedades del adhesivo para las condiciones de operación que se tienen como son la rapidez con que tiene que alimentarse el adhesivo al sistema de aplicación, el tiempo de secado y el tiempo abierto que el adhesivo debe tener para que se logren buenas uniones adhesivas.

7.- En algunas uniones es muy importante que no se note el adhesivo aplicado por lo que éstas deberán ser incoloras o bien de color claro.

En la selección del adhesivo se debe considerar el color de éste cuando se requieran uniones de este tipo.

4.7 Variables que afectan el comportamiento de un Hot Melt

Es importante conocer las variables que influyen en el comportamiento de un Hot Melt para que se realice una correcta aplicación de éste y se tengan buenas uniones adhesivas, siendo las mas relevantes las siguientes:

Temperatura

Al ser los Hot Melts materiales sólidos a temperatura ambiente es necesario calentarlos a altas temperaturas para fundirlos. La mayoría de los Hot Melts se aplican entre 120°C y 200°C. En general entre mayor sea la temperatura, mayor será el tiempo abierto del adhesivo.

En la aplicación de un Hot Melt es importante cuidar y mantener la temperatura de aplicación ya que el aplicar excesivo calor causará la degradación térmica u oxidativa del producto ocasionando problemas de aplicación por la formación de natas o carbonizaciones o en casos más críticos la falla del adhesivo por pérdida de sus propiedades.

Así como una temperatura alta causa problemas, las temperaturas de aplicación bajas también ocasionan uniones inadecuadas si el Hot Melt se enfría y solidifica no se alcanzará la humectación y penetración del sustrato que son necesarias para formar una buena unión adhesiva de los sustratos

Por la importancia que tiene la temperatura en el comportamiento del Hot Melt es importante realizar pruebas de uniones adhesivas para determinar las temperaturas de aplicación más adecuadas considerando la temperatura más baja a la cual se puede tener una buena unión de los sustratos, así como la temperatura más alta a la que se puede aplicar el adhesivo sin que se generen problemas de carbonizaciones o modificación de las propiedades del Hot Melt.

Otro factor importante que se debe considerar durante el calentamiento del Hot Melt es su viscosidad, la cual se modifica con la temperatura , incrementándose cuando la temperatura disminuye y viceversa. La viscosidad es un factor crítico que determina la calidad de la unión adhesiva, por lo que se hace necesario considerar ésta en el momento en que se calienta o enfría el Hot Melt durante su aplicación.

Presión

Existe una fuerte correlación entre la cantidad de presión aplicada y el grado de unión del adhesivo .

Una vez aplicado el adhesivo en los sustratos, estos requieren de presión para que la unión se mantenga hasta que el adhesivo ha actuado sobre los sustratos impidiendo que estos se separen cuando el Hot Melt se encuentra aún fundido y no ha solidificado formando la unión adhesiva en los sustratos. En los sustratos porosos como por ejemplo cartón, la aplicación de presión mejora la unión adhesiva de estos. Los Hot Melts en general requieren muy cortos tiempos de compresión en comparación con los otros tipos de adhesivos sin considerar el sustrato.

Volumen de adhesivo aplicado

Durante la aplicación del Hot Melt el espesor y ancho de la línea o puntos de adhesivo deben ser constantes para lograr uniones consistentes y fuertes.

La forma en que se aplica el adhesivo ya sea en líneas continuas, intermitente o puntos es muy importante en la formación y resistencia de la unión, por ejemplo una línea de adhesivo con el espesor y ancho adecuado mantendrá su calor por mas tiempo, por lo que el tiempo abierto será mayor humectándose todo el sustrato con lo que se tendrá una unión más resistente.

Tiempo abierto del adhesivo

Esta es la propiedad más importante de los Hot Melts. Cada adhesivo tiene un tiempo límite en segundos durante el cual cierta cantidad de adhesivo puede formar una buena unión.

El tiempo abierto se ve afectado por el volumen y sección transversal del adhesivo, aplicado, por la temperatura de aplicación, las características del sustrato especialmente la temperatura de éste, y las condiciones ambientales. La mayoría de los Hot Melts tienen tiempos abiertos muy cortos, lo que hace que formen rápidas uniones en los sustratos.

4.8 Manejo del Hot Melt

Durante el uso del Hot Melt es importante conocer las condiciones de almacenamiento que se deben tener, el manejo que se le debe dar durante su aplicación, las condiciones de seguridad que deben guardarse y el conocimiento de posibles problemas que pueden presentarse durante el uso de un Hot Melt con el propósito de asegurar el funcionamiento óptimo del adhesivo y del sistema de aplicación.

A continuación se presenta una descripción de las condiciones necesarias que deben guardarse durante el uso del Hot Melt.

Almacenamiento

Durante el almacenamiento del Hot Melt el producto debe mantenerse bajo techo, en lugar fresco y con el empaque bien cerrado colocado sobre tarimas.

El producto debe mantenerse totalmente seco generalmente los fabricantes de Hot Melt establecen 1 año de tiempo de vida útil, por lo que se recomienda la rotación de producto utilizando primero el producto mas antiguo.

Cuando el producto se traslada al área de producción es importante:

- a) Que el adhesivo se entregue en su empaque original perfectamente sellado.
- b) Durante la utilización del producto, el empaque debe mantenerse cerrado para evitar se contamine
- c) La persona encargada de utilizar el adhesivo deberá manejarlo cuidadosamente y con el equipo de seguridad que requiere durante su empleo.

Limpieza del equipo

Es importante determinar la frecuencia con la que debe limpiarse el equipo de aplicación de Hot Melt.

Esta dependerá de que tanto se cuiden los siguientes aspectos.

- Que el Hot Melt que se utiliza este libre de suciedad y de su resistencia a la carbonización.
- Evitar la contaminación del Hot Melt durante su almacenamiento y uso en planta.
- Manejar los rangos de temperatura recomendada no sobrecalentándolo.
- Evitar sobrecalentamiento prolongado del producto por paros.
- Mantener el depósito cerrado
- Cuidar el nivel del Hot Melt dentro del depósito evitando tener niveles bajos ya que el adhesivo que queda en las paredes se carboniza.

Si el sistema de aplicación esta trabajando bien se recomienda:

- Revisar los filtros semanalmente
- Limpiar las boquillas o dosificadores semanalmente.

Para la limpieza del sistema de aplicación se recomienda realizar los siguientes pasos:

- 1.- No operar el equipo hasta que este totalmente vacío ya que se expone el sistema a sobrecalentamientos y carbonización de los residuos.
- 2.- Una vez vacío el depósito, limpiar éste con aceite mineral o parafina por arrastre calentándolo a 120°C - 130°C.
- 3.- Remover la suciedad de las paredes y el fondo con una espátula de teflón o madera.
- 4.- Drenar del depósito el aceite mineral, éste puede filtrarse y reutilizarse.
- 5.- Eliminar los residuos que queden en el filtro.
- 6.- Agregar nuevamente aceite al depósito y purgar el aceite, debe salir limpio en caso contrario repetir paso 2,3,4 y 5.
- 7.- Limpiar el equipo de aplicación como son boquillas, discos o aplicadores de capa con aceite mineral y en caso que este adherida suciedad o impurezas quitarlas usando una espátula o una lija.
- 8.- Cuando se inicie la operación con Hot Melt fresco descartar las primeras salidas de producto contaminado con aceite mineral.

Seguridad

Los adhesivos termofusibles Hot Melt al ser fundidos requieren mucho cuidado en su manejo ya que el contacto con ellos provoca serias quemaduras.

Las medidas de seguridad que deben guardarse durante su uso son:

- 1.- Se recomienda utilizar guantes de carnaza o bien aquellos diseñados para protección contra el calor.
- 2.- Utilizar ropa de algodón que proteja todo el cuerpo.
- 3.- Utilizar lentes de seguridad o goggles para evitar quemaduras en los ojos por salpicaduras.
- 4.- Debe colocarse cerca del depósito una regadera de agua y un lava ojos: En caso de quemaduras con Hot Melt se recomienda realizar las siguientes acciones.
 - Sumergir el área quemada en agua limpia fría inmediatamente
 - No aplicar ungüentos, pomadas ni remedios como manteca o mantequilla que puedan provocar infección.
 - No intentar remover el material adherido a la piel.
 - Consultar al médico.

4.9. Guía de problemas y soluciones durante el uso del Hot Melt

Durante el uso del Hot Melt en el sistema de aplicación pueden presentarse varios problemas que causan una mala unión adhesiva, malas aplicaciones al sustrato, paros en el equipo de aplicación, fallas en el sistema de aplicación. Ocasionando todo esto pérdida de tiempo y baja productividad en el proceso de adhesión.

Con el propósito de prevenir y solucionar rápidamente las fallas que se pueden presentar en el sistema de aplicación se presenta la siguiente guía en la que se proponen soluciones a los problemas que se presentan.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
1.- Cantidad insuficiente de Hot Melt en los sustratos.	<ul style="list-style-type: none"> •Temperatura inadecuada del adhesivo. •Viscosidad inadecuada del producto. •Taponamiento en boquilla. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que el sistema (tanque, mangueras, boquillas) haya alcanzado la temperatura de aplicación recomendada. • Revisar la viscosidad de trabajo del adhesivo a la temperatura de aplicación, revisar que el recipiente tenga suficiente cantidad de adhesivo. Revisar que estén bien las conexiones (manguera a boquilla, manguera a aplicador). • Limpieza inmediata
2.- Aplicación irregular de Hot Melt.	<ul style="list-style-type: none"> •Sistema de operación mal ajustado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el sistema de presión, velocidad de la bomba y velocidad del sustrato.
3.- El Hot Melt forma hilos.	<ul style="list-style-type: none"> • Boquilla obstruida • Temperatura de aplicación baja. • Hot Melt inadecuado 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Incrementar la temperatura al límite superior de operación. • Cambio de adhesivo
4.- Burbujas de aire en el Hot Melt aplicado	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada de agua al depósito •Temperatura inadecuada de operación en la parte baja del gomero •Repetidos ciclos de calentamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir la entrada de agua. • Alimentar adhesivo y mantenerlo al 80% de la capacidad del depósito. • Evitar prolongados periodos de calentamiento innecesarios (paros de equipo)

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
5.- Contaminación del tanque	<ul style="list-style-type: none"> • Fibras de celulosa y polvo en el ambiente. • Manejo inadecuado del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el depósito cerrado. • Evitar la contaminación externa del producto durante su almacenamiento.
6.- Falta de fluidez del Hot Melt.	<ul style="list-style-type: none"> • Baja temperatura de aplicación. • Obstrucción en el interior de mangueras o boquillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la temperatura. • Realizar mantenimiento periódico al equipo.
7.- Suciedad en producto.	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación externa • Producto mal filtrado 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el producto protegido. • Exigir al fabricante el producto limpio.
8.- Gelificación del producto en el sistema de aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de dos productos incompatibles. • Contaminación del producto con sustancias externas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas previas de compatibilidad. • Mantener el producto y depósito protegido.

V PROCESO DE FABRICACIÓN DE HOT MELT

Los adhesivos Hot Melt son mezclas fabricadas mediante la fusión de cada una de las materias primas que lo componen, las cuales mediante agitación y calentamiento se van adicionando hasta lograr una mezcla uniforme de todas las materias primas que dan como resultado un adhesivo termofusible.

Existen tres procesos de fabricación de Hot Melt, el uso de cada uno de estos dependerá de las características del adhesivo, de los requerimientos de producción, del volumen de producción, del número de corridas que se tengan que realizar de un determinado producto, así como del tamaño y necesidades de la planta de producción.

Los procesos existentes son:

- 5.1 Proceso Batch con mezcladores verticales
- 5.2 Proceso Batch con amasadores
- 5.3 Proceso Continuo con extrusor

5.1 Proceso Batch con mezcladores verticales

En este tipo de procesos el Hot Melt se fabrica en tanques verticales enchaquetados provistos de un agitador de propela (para adhesivos de baja viscosidad), o un agitador de ancla (para adhesivos de alta viscosidad).

El tanque vertical tiene chaqueta de calentamiento en la que se utiliza como medio de calentamiento vapor o aceite.

Al tanque de mezclado se van adicionando cada una de las materias primas previamente pesadas que forman parte de la formulación del Hot Melt.

Normalmente se adicionan los componentes que tienen bajos puntos de reblandecimiento tales como las ceras y resinas.

En primer lugar se adiciona la cera y el antioxidante calentándolos entre 120 y 150°C, una vez fundidos se inicia la agitación, adicionando la resina tackificante poco a poco con agitación manteniendo la misma temperatura de calentamiento, una vez que se finaliza la adición de la resina se procede a la adición del polímero base EVA añadiéndolo lentamente con agitación para evitar aglomeraciones, manteniendo una temperatura de 120 - 150°C.

La mezcla se agita a la temperatura de fabricación de 2 a 3 horas hasta obtener una mezcla uniforme y homogénea libre de partículas sólidas.

Para formulaciones de Hot Melt que contienen ingredientes vulnerables a la oxidación o a la degradación térmica, la mezcla de las materias primas se realiza utilizando una atmósfera inerte.

Una vez que el producto se ha fundido totalmente y han sido evaluadas sus propiedades se procede a la descarga del producto pasándolo a través de un filtro de malla metálica de 150 MESH (MESH: Número de cuadros que hay en una pulgada cuadrada de malla) para retener cualquier sólido ajeno o partícula de producto carbonizada y finalmente se envasa dándole la forma deseada por uno de los siguientes métodos.

- 1.- Envasado en diferentes recipientes tales como charolas, tambores, cubetas, cajas siliconadas, etc. y enfriados a temperatura ambiente hasta adquirir consistencia sólida.
- 2.- Almohadas que son formadas por el cortado de una tira de adhesivo líquido que va en agua por medio de un rodillo que tiene varias cuchillas, las almohadas se enfrían en agua y se secan con aire en un vibrador para ser posteriormente envasadas en bolsas o cajas.
- 3.- Goteando el producto en agua para formar esferas, las cuales son colectadas y secadas.
- 4.- A través de un extrusor de orificios sobre una banda giratoria (la cual es enfriada con agua mediante espreas) formando tiras sólidas que son cortadas al final de la banda metálica.

5.2 Proceso Batch con amasadores

Este proceso de fabricación se utiliza cuando se desean fabricar Hot Melts que tienen viscosidades superiores a 25,000 cps.

Este consiste en el uso de un amasador con agitador de doble brazo. Generalmente el amasador se precalienta a la temperatura de fabricación. El polímero base, las resinas y antioxidantes se agregan al amasador, se agitan hasta obtener una masa uniforme y después se añade la cera (u otros plastificantes). La mezcla se amasa hasta que esté homogénea.

En algunos casos las resinas y las ceras u otros plastificantes se adicionan en varios pasos.

Cada adición de materia prima es agitada hasta obtener una mezcla uniforme antes de añadir la siguiente porción de materia prima. En formulaciones que contienen polímeros vulnerables a la degradación a altas temperaturas como es el caso del polímero de estireno, la fabricación del producto se realiza utilizando una atmósfera inerte.

Una vez que el adhesivo está completamente mezclado y tienen una apariencia homogénea sin observarse material sin fundir se envasa filtrándolo previamente utilizando un filtro de malla metálica.

5.3 Proceso continuo con extrusor

Los adhesivos que tienen alta viscosidad son fabricados con el extrusor de doble tornillo. El proceso de fabricación es continuo realizándose en ausencia de aire, lo que beneficia a los materiales expuestos a sufrir oxidación o degradación a altas temperaturas. Estos equipos tienen una entrada de alimentación a través de la cual se agrega el polímero base y otra entrada donde

se agregan todos o parte de las resinas tackificantes después de que el polímero base se ha plastificado por sí mismo o con porciones de las resinas y otros ingredientes menores, tales como antioxidantes.

El extrusor generalmente tiene una cámara de vacío para remover sustancias volátiles y una cámara de inyección para la adición de ingredientes líquidos como son los plastificantes.

La mayoría de los procesos continuos se justifican únicamente para volúmenes grandes de producción.

Una vez que se conocen los procesos existentes para la fabricación de Hot Melt a continuación se describe el proceso Batch y el proceso continuo de una planta de adhesivos.

5.4 Descripción del proceso Batch para una planta de adhesivos

El proceso que aquí se describe es para una planta que produce adhesivos con altas y bajas viscosidades. Para los productos de alta viscosidad (45,000 cps a 150°C) se utiliza un equipo amasador (Fig 5.4-1), mientras que para los adhesivos de baja viscosidad (aprox. 4,000 cps a 150°C) se utiliza un tanque de mezclado vertical (Fig. 5.4-2). Los adhesivos que se fabrican en estos equipos son con copolímero de etilen vinil acetato (EVA), resinas tackificantes y antioxidantes.

En la figura 5.4-3 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación del adhesivo.

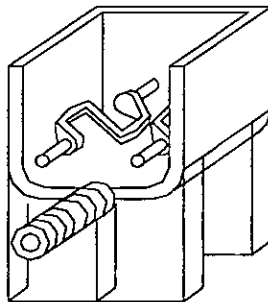


Figura 5.4-1 Vista interior de un equipo amasador.

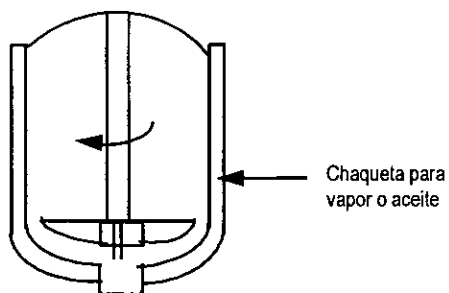


Figura 5.4-2 Tanque de mezclado vertical con chaqueta de calentamiento.

Descripción del proceso

De acuerdo al diagrama de flujo (fig. 5.4-3) se realizará la descripción del proceso.

Las materias primas como son la resina tackificante y la cera se almacenan en los tanques de almacenamiento T-101 y T-102. El copolímero de acetato de vinilo se almacena en el silo T-103.

El copolímero EVA y aproximadamente la mitad de la resina se cargan al amasador T-105, el cual se precalienta entre 150 y 175°C. El antioxidante se mezcla con una pequeña cantidad de resina en el mezclador T-104 para después adicionarse a la mezcla en el amasador. Una vez que se logra una mezcla uniforme del copolímero EVA y la resina, se adiciona la cera lentamente en dos o 3 porciones. Cuando la mezcla se homogeniza el producto se descarga en forma de almohadas mediante el cortador T-107 secándolo con aire en el vibrador T-108 para posteriormente ser envasado de acuerdo a la presentación deseada (cajas, bolsas, etc.).

La fabricación de los adhesivos de baja viscosidad se realiza en el tanque vertical T-106 el cual previamente se precalienta a 120 - 150°C. Adicionando en primer lugar la cera manteniendo la temperatura de proceso hasta que se funda totalmente, una vez fundida se inicia agitación adicionando el antioxidante y la resina tackificante poco a poco con agitación, posteriormente se adiciona el copolímero EVA poco a poco para evitar aglomeraciones agitándolo aproximadamente de 2 a 3 horas hasta obtener una mezcla uniforme, la cual se filtra y descarga utilizando el cortador T-107 en forma de almohadas, las cuales se secan con aire en el vibrador T-108 envasándose de acuerdo a la presentación requerida.

En la figura 5.4-4 se presenta el listado del equipo del proceso Batch.

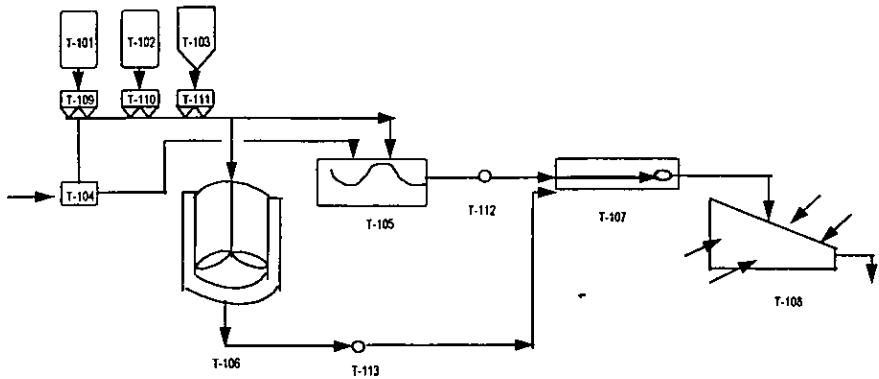


Figura 5.4-3 Diagrama de flujo del Proceso de Fabricación Batch en una planta de adhesivos Hot Melt.

Figura 5.4-4 Listado del equipo de Proceso Batch.

No. de Equipo	Nombre	Material de Construcción
T - 101	Tanque de almacenamiento de resina tackificante.	Acero inoxidable
T - 102	Tanques de almacenamiento de cera	Acero inoxidable
T - 103	Silo de almacenamiento de copolímero EVA	Aluminio
T - 104	Mezclador	Acero inoxidable
T - 105	Amasador	Acero inoxidable
T - 106	Tanque de mezclado con agitador de propela.	Acero inoxidable
T - 107	Cortadora de cuchillas	Acero inoxidable
T - 108	Secador vibratorio	Acero al carbón
T - 109, 110 y 111	Tolvas de pesado	Aluminio
T - 112 y 113	Filtros	Acero al carbón

5.5 Descripción del proceso continuo en una planta de adhesivos Hot Melt.

El proceso continuo que se describe a continuación utiliza para el mezclado de las materias primas y producción del adhesivo un extrusor de tornillo gemelo (Figura 5.5-1), al cual se alimentan diferentes flujos de las materias primas previamente fundidas de acuerdo a la formulación de adhesivos que se esta fabricando.

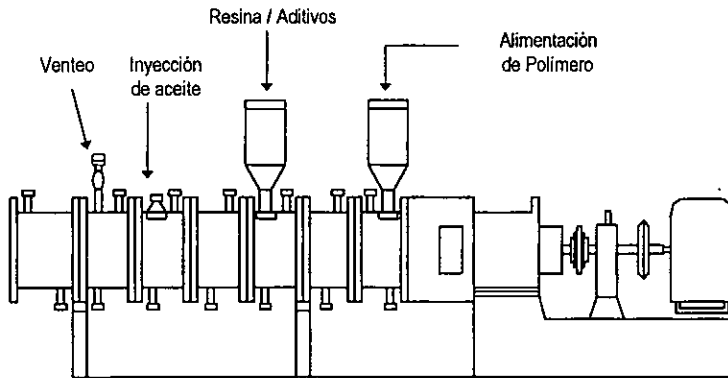


Figura 5.5-1 Extrusor de tornillo gemelo.

En la figura 5.5-2 se muestra el diagrama de flujo para la fabricación de adhesivo Hot Melt por medio de un proceso continuo.

La resina tackificante y cera se almacenan en estado líquido en tanques de almacenamiento con sistema de calentamiento para mantener la temperatura a la que ambas materias primas están en estado líquido. En el diagrama de flujo estos tanques son el T-101 y el T-102. El copolímero EVA se almacena en estado sólido en el silo de almacenamiento T-103 de donde se alimenta al profundidor T-104.

El antioxidante y otras materias primas adicionales se mezclan y funden en el mezclador T-105 con un poco de resina tackificante. De los tanques de almacenamiento, profundidor y mezclador, se alimentan las materias primas totalmente fundidas al extrusor de tornillo gemelo T-107 controlando los flujos de adición de manera continua mediante los alimentadores T-106. El extrusor de tornillo gemelo tiene 8 zonas (barriles), la primera de las cuales esta enfriada con agua. El resto de las zonas se mantienen entre 120°C y 175°C mediante aceite térmico. Los compuestos volátiles son removidos del extrusor a través de una cámara de vacío en el séptimo barril y enviados a un condensador a la salida del extrusor, la temperatura del producto fundido esta en un rango de 150 - 175°C.

El producto es forzado a través de orificios por medio de una placa de moldes y cortado en pellets bajo el agua con una cuchilla rotatoria en el pelletizador T-108. Los pellets se separan del agua (la cual se recicla al pelletizador) en el separador T-109 y posteriormente secados en un secador de aire T-110 transportándose al tanque de almacenamiento de producto T-111 para envasarse en sacos, cajas o tambores.

El extrusor de tornillo gemelo que se utiliza tiene dos entradas de alimentación, una para el polímero base y otra para los aditivos y resinas tackificantes (Fig. 5.5-1). El extrusor también tiene una cámara de inyección para formulaciones que requieren la adición de un ingrediente líquido tal como un plastificante.

Los adhesivos con alta viscosidad se fabrican eficientemente en este proceso. Para fabricar adhesivos de menor viscosidad la velocidad de rotación del tornillo y la contrapresión del extrusor pueden incrementarse, la configuración del mezclador puede cambiarse y/ o la salida puede reducirse para mejorar la eficiencia de mezclado.

Este tipo de equipo se utiliza para la fabricación de adhesivos de alta viscosidad, por lo general mayor de 30,000 cps.

En la figura 5.5-3 se presenta el listado del equipo de proceso.

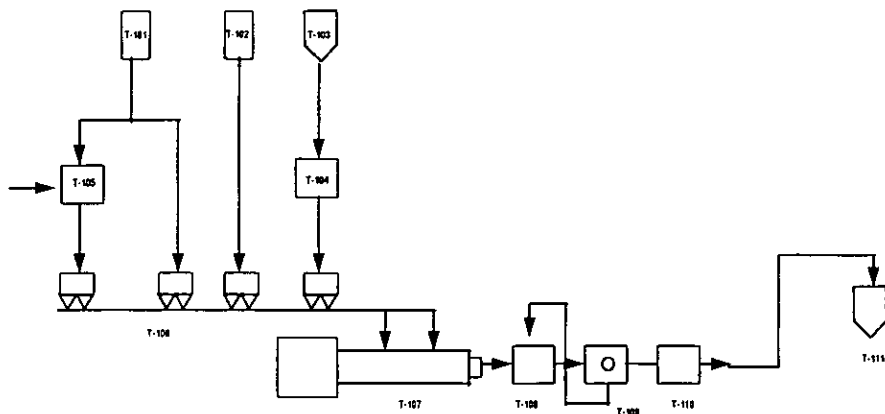


Figura 5.5-2 Diagrama de flujo de proceso de fabricación continuo en una planta de adhesivos Hot Melt.

Figura 5.5-3 Listado de equipo del proceso de fabricación continuo

No. de equipo	Nombre	Material de construcción
T - 101	Tanque de almacenamiento de resina tackificante con sistema de calentamiento.	Acero Inoxidable
T - 102	Tanque de almacenamiento de cera con sistema de calentamiento.	Acero Inoxidable
T - 103	Silo para almacenamiento de EVA.	Aluminio
T - 104	Profundidor de EVA.	Acero Inoxidable
T - 105	Tanque de mezclado de materia prima.	Acero al carbón
T - 106	Alimentadores de mezcla fundida.	Acero al carbón
T - 107	Extrusor de tornillo gemelo.	Acero al carbón
T - 108	Pelletizador.	Acero al carbón
T - 109	Separador.	Acero al carbón
T - 110	Secador.	Acero al carbón
T - 111	Tanque de producto terminado	Acero al carbón

5.6 Comparación de los procesos Batch y Continuo

A continuación se presenta una tabla comparativa de los procesos de fabricación Batch y Continuo en el que se señalan las ventajas y desventajas que tiene cada uno de estos procesos.

CARACTERISTICA	PROCESO BATCH	PROCESO CONTINUO
Temperatura de Operación	1.- Baja: 79°C 2.- Media: 75 - 105°C 3.- Alta: > 150°C	1.- Abarca temperaturas de medias a altas.
Tiempo de residencia	1.- 60 - 150 minutos	1.- 15 - 45 segundos.
Viscosidad	1.- Alta 2.- Media 3.- Baja	1.- Se fabrican adhesivos de alta viscosidad, no menores a 30,000 cps.
Equipo de proceso	1.- Tanque de mezclado con agitación. 2.- Amasador de doble brazo	1.- Extrusor de tornillo gemelo
Descarga	1.- Una vez fabricado el producto se descarga en diferentes presentaciones pudiéndose fabricar mas producto al terminar de descargar el producto fabricado.	1.- El sistema se recomienda para largas corridas en fórmulas simples y sencillas pero, por otro lado necesita mayor número de estaciones de descarga, mano de obra y mayores áreas de almacenamiento.
Proceso	1.- Se requieren muchas operaciones manuales para alimentar y descargar el equipo. 2.- No puede fabricarse mas producto hasta que no se termine de descargar el equipo. 3.- Existe la posibilidad de degradación térmica y oxidación del producto por el tiempo de fundido y residencia en el equipo.	1.- Se tiene una fabricación continua sin paros de equipo para su descarga. 2.- Como el mezclador está seccionado se pueden regular los flujos de alimentación obteniéndose condiciones de proceso óptimas. 3.- Se reducen los problemas de manejo, contaminación y transferencia de calor. 4.- Se elimina el problema de degradación térmica del producto.

CONCLUSIONES

Los adhesivos juegan un papel muy importante en la vida contemporánea ya que directa o indirectamente se encuentran en la mayoría de los productos que se utilizan cotidianamente, ya sea como parte del mismo producto o bien indirectamente en el empaque en el que viene incluido.

Los adhesivos que han presentado un mayor desarrollo en los últimos años han sido los denominados termofusibles base EVA, comúnmente conocidos con el nombre de hot melt, los cuales por sus características tan particulares de funcionalidad han sustituido en algunas aplicaciones a los adhesivos base acuosa y base solvente. Entre sus ventajas principales se encuentran: su rápido secado, facilidad de aplicación, no contienen solventes, ocupan poco espacio de almacenamiento, presentan un tiempo de vida útil indefinido, son resistentes al agua, también presentan buena resistencia a la temperatura, unen una gran variedad de superficies, etc.

La principal desventaja en el uso de éstos productos es el requerimiento de equipo de aplicación especializado, ya que requiere un control preciso de la temperatura de aplicación del adhesivo. Sin embargo sus ventajas por mucho superan la premisa anterior y son preferidos en la industria debido a que permiten alcanzar entre otras características altas tasas de producción y productividad.

Con éste estudio se introdujeron las bases para conocer en que consiste un sistema de adhesión, las principales características de éstos adhesivos, su composición, uso, equipo de aplicación y proceso de fabricación, lo que contribuye a dar una visión más amplia de lo que son éste tipo de productos y en qué y cómo se utilizan.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **Handbook Of Adhesives**
Irwing Skist,
Van Nostrand, New York
1997.
- 2.- **Packaging and Paper Converting Adhesives**
E. Patrick, Mc. Guire
Palmeton Publishing Co., Inc.
1963.
- 3.- **Industrial Packaging Adhesives**
Ken Booth
London
1994.
- 4.- **Análisis de las variables de Formulaciones en el Desarrollo de Adhesivos Termofijos.**
Silvia Neydas Vázquez
1993.
- 5.- **Estudio Técnico - Económico para la producción de Adhesivos Termofusibles.**
Luis T. Sánchez, María del C. Santibañez.
1989.
- 6.- **Handbook Of Adhesives. Raw Materials**
Ernest W. Flick
Noyes Publications
1989
- 7.- **Hot Melt Adhesives**
M. J. Satriana
Noyes Data Corporation
1974
- 8.- **Adhesión and the Formulation Of Adhesives**
Wake William C.
London
1982
- 9.- **The Technology Of Adhesives**
John Delmonte
Hatner Publishing Company
1947.

- 10.- **Adhesión and Adhesives**
Bruyhe, Norman Adrian
R. Howwink & G. Salomon
2ª. ED. REV.
- 11.- **Adhesive Bonding: Techniques & Applications**
Cagle, Charles I.
New York: Mc. Graw Hill
1968.
- 12.- **Handling Procedures to prevent Degradation and Provide Safe use of Hot Melts.**
Technical Association Of the Pulp and Paper Industry
CA Report No. 25
November 1969.
- 13.- **Continous Production of Hot Melt Adhesives**
Ehehalt, J.W.
Adhesive Age. Vol. 18 No. 8
August 1975.
- 14.- **Adhesives Technology Handbook**
Landro Ck. A. H.
Noyes Data Corp.
Park Ridge, N. J.
1985.
- 15.- **Investigating the Degradability of Hot Melt
Adhesive Formulas**
Christopher M. Ryan
Adhesive Age. Vel. 33 No. 8
August 1990.
- 16.- **Comparative Study of Microcrystalline and Synthetic Waxes in a Hot Melt Adhesive**
J. W. Nichols, H.L. Barnes
Petrolite Specialty Polymer Groups
TAPPI
April 1987