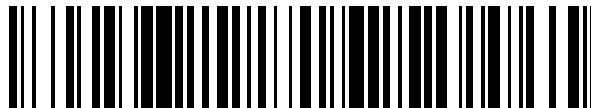


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 284**

51 Int. Cl.:

C08J 9/00 (2006.01)

C08J 9/24 (2006.01)

C08K 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2011 PCT/US2011/049022**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2012 WO12027510**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2011 E 11752051 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2609143**

54 Título: **Aditivo de espuma celular**

30 Prioridad:

13.10.2010 US 392558 P
24.08.2010 US 376607 P
12.07.2011 US 201113181476

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.04.2019

73 Titular/es:

ECOPURO, LLC (100.0%)
1624 Market Street, Suite 207
Denver CO 80202, US

72 Inventor/es:

JOHNSON, WILLIAM, L.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 710 284 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aditivo de espuma celular

Campo de la invención

5 La invención se refiere a una espuma que tiene consistencia celular y a un método para producir tal espuma. Más particularmente, el método se refiere a la adición de partículas de mezcla cinética a una espuma. La adición de partículas de mezcla cinética mejora la mezcla de la capa límite y promueve una dispersión mejorada de agentes de soplado, aditivos reactivos y no reactivos.

Antecedentes de la invención

10 A principios del siglo XX, entraron en uso diversos tipos de espumas sólidas fabricadas especialmente. La baja densidad de estas espumas las hacía excelentes para el uso como aislantes térmicos y dispositivos de flotación, y su ligereza y compresibilidad hacían a las espumas ideales para el uso como materiales de embalaje y relleno. En los últimos 40 años el desarrollo de espumas ha progresado desde un material simple a materiales estructurales celulares complejos, sumamente avanzados, que son ligeros y duraderos. Estos nuevos materiales de espuma son fibra de vidrio, materiales compuestos, acero laminar y plásticos de gran rendimiento en diversos mercados, que incluyen 15 automóviles, equipos agrícolas, barcos, duchas y bañeras de cuartos de baño, cercados, puertas, marcos de ventanas y molduras decorativas, por mencionar unos pocos. Hoy en día la industria de las espumas celulares continúa esforzándose en mejorar sus productos, incluyendo consistencia de la estructura celular, dispersión de los componentes de la fórmula, resistencia mejorada y costes reducidos.

20 En el campo de la dinámica de fluidos, la capa límite de un fluido que fluye ha sido considerada siempre fija e inamovible. En la región laminar, la capa límite crea una forma estacionaria de resistencia al flujo del fluido.

25 La reducción del arrastre es similar a comparar la fricción estática con la fricción cinética de un cuerpo en movimiento y aplicarlo al flujo de un fluido. Si el fluido no está en movimiento, la partícula estructural inerte, es decir, la partícula de mezcla cinética, actúa como una carga en el intervalo de tamaños nano y micrométricos, creando de este modo sitios de nucleación durante el procedimiento de espumación. Cuando las partículas de tamaño nano y micrométrico están en movimiento, la forma tridimensional única de las partículas de mezcla cinética promueve la mezcla cinética de aditivos y cargas en toda la matriz del polímero, convirtiendo de este modo una región de la capa límite estacionaria en una zona de mezcla dinámica.

30 Las sumamente especializadas partículas, es decir, las partículas de mezcla cinética, pueden ser incorporadas en sólidos tales como plásticos. En un extrusor, el sólido se funde. El plástico fundido desarrolla una capa límite sobre el área de superficie entera del husillo y los cañones en un entorno de alto cizallamiento. La mezcla cinética de la capa límite es activada siempre que y donde quiera que el fluido esté en movimiento. En el caso donde el material es un fluido, tal como un poliuretano, los materiales pueden ser mezclados usando agitación simple, tal como un mezclador de turbinas o un sistema de mezcla avanzado de chorros de impacto. En ambos casos, el movimiento de las partículas es activado debido al movimiento del fluido. Se produce una mezcla cinética inicial según se están mezclando los 35 componentes usando alto cizallamiento. Según se mueve el fluido, la mezcla cinética es propagada.

El documento DE 21 02 247 A1 describe un procedimiento para la preparación de plásticos de espuma de poliamida. El método controla la estructura de la poliamida espumada en la que se usa uno o más estabilizadores de espuma junto con una sustancia porosa finamente dividida de estructura de celdas abiertas en la mezcla de reacción líquida que contiene lactama.

40 La solicitud de patente internacional WO2009144675 describe un método para preparar un material de espuma rígida que se presenta, método que comprende: proporcionar un material matriz líquido curable; mezclar el material matriz líquido con una pluralidad de microesferas; añadir nanopartículas al material matriz; y curar una mezcla que comprende el material matriz, las microesferas y las nanopartículas. La adición de nanopartículas al material matriz puede reducir significativamente la viscosidad de la mezcla que comprende el material matriz líquido y las 45 microesferas.

El documento US2008161437 describe una nueva composición de espuma para preparar espuma de poliisocianurato. La composición comprende un compuesto reactivo de isocianato, poliisocianato, agente de soplado y componente de carga de carbonato de calcio.

50 El documento US5162397 describe una composición de silicona espumable que comprende un polisiloxano que tiene átomos de hidrógeno unidos a silicio, un polisiloxano que tiene unidades siloxano que incluyen grupos insaturados, un polisiloxano que tiene grupos hidroxilo unidos a silicio, un catalizador de metal noble y de 3 a 40 partes en peso por 100 partes en peso de la composición de entidades de vidrio de borosilicato o silicato o mezclas de los mismos. Las entidades preferidas comprenden partículas esféricas huecas o entidades huecas que tienen una configuración 55 irregular.

Compendio de la invención

Los aspectos de la presente invención se exponen en las reivindicaciones.

La invención del solicitante mejora directamente las cuatro categorías de consistencia de la estructura celular, dispersión de los componentes de la fórmula, resistencia mejorada y costes reducidos, mediante el uso de partículas estructurales de tamaño micro y nanométrico.

El método de la invención proporciona una solución única a los problemas mencionados anteriormente. La adición de las partículas de mezcla cinética de la invención proporciona una mezcla cinética de la capa límite, lo que produce una dispersión homogénea con una micro y nanomezcla que permite la reducción de aditivos caros que pueden ser dañinos para el medio ambiente, a la vez que mantiene aún los beneficios asociados con los aditivos. La tecnología de la invención usa partículas sólidas químicamente estables, seguras para el medio ambiente, para mezclar de manera continua materiales siempre y cuando el fluido esté fluyendo.

La adición de partículas de mezcla cinética da como resultado mejoras en la mezcla de la capa límite, es decir, la invención se refiere a los efectos de cargas mecánicas estructurales sobre el flujo del fluido, en donde las partículas tienen tamaños que varían de nanométricos a micrométricos. En particular, los intervalos de tamaño de las partículas son preferiblemente de aproximadamente 500 nm a 1 μ , y más preferiblemente, de 1 μ a 30 μ . Sin embargo, cualquier subintervalo dentro de los intervalos definidos también está contemplado como eficaz. La invención usa los principios de película estática de capa límite acoplada con fuerzas friccionales asociadas con una partícula que es forzada a rotar o voltear en la capa límite debido a diferenciales de velocidad del fluido. Como resultado, la mezcla cinética es promovida mediante el uso de las partículas de mezcla cinética o estructurales.

Como ejemplo, considérese que una esfera dura que rueda sobre un material blando viaja en una depresión en movimiento. El material blando es comprimido delante de la esfera rodante, y el material blando rebota en la parte trasera de la esfera rodante. Si el material es perfectamente elástico, entonces la energía almacenada durante la compresión es devuelta a la esfera por el rebote del material blando en la parte trasera de la esfera rodante. En la práctica, los materiales reales no son perfectamente elásticos. Por lo tanto, se produce una disipación de la energía, lo que da como resultado energía cinética, es decir, rodadura. Por definición, un fluido es un continuo de material que es incapaz de resistir una tensión de cizallamiento estático. A diferencia de un sólido elástico, que responde a una tensión de cizallamiento con una deformación recuperable, un fluido responde con flujo irre recuperable. El flujo irre recuperable puede usarse como fuerza impulsora para una mezcla mecánica cinética en la capa límite. Usando el principio de rodadura, fricción cinética y un aumento de pegajosidad del fluido en la superficie de la zona no resbaladiza, se producen adherentes. El flujo de fluido que es adyacente a la capa límite produce una fuerza inercial sobre las partículas adheridas. La fuerza inercial rota las partículas a lo largo de la superficie de equipos de proceso mecánicos independientemente de la mecánica de mezcla usada, es decir, independientemente de una mezcla estática, dinámica o cinética.

El diseño geométrico o la selección de partículas estructurales se basan en el principio fundamental de interacción superficial con la película pegajosa en la capa límite donde la velocidad es cero. La adherencia superficial mecánica es aumentada aumentando la rugosidad superficial de las partículas. La profundidad de penetración de las partículas en la capa límite produce una mezcla cinética. La penetración de las partículas es aumentada aumentando la agudeza de los bordes de las partículas o superficies de partícula similares a cuchillas. Una partícula que tiene una superficie de partícula rugosa y/o afilada presenta una adhesión aumentada a la zona no resbaladiza, lo que promueve una mejor adhesión superficial que una partícula lisa que tiene pocas a ninguna características superficiales. El tamaño de partícula ideal diferirá dependiendo del fluido, debido a la viscosidad de un fluido particular. Como la viscosidad difiere dependiendo del fluido, los parámetros de proceso tales como la temperatura y la presión, así como la mecánica de mezcla producida por fuerzas de cizallamiento y pulido superficial sobre superficies mecánicas, también diferirán, lo que crea una variación en el espesor de la capa límite. Una superficie de partícula rugosa y/o afilada permite a una partícula funcionar como una cuchilla mezcladora cinética rodante en la capa límite. Las partículas endurecidas que tienen bordes rugosos y/o afilados que ruedan a lo largo de la capa límite de un fluido producirán una micromezcla agitando el área de superficie de la capa límite.

Las partículas sólidas usadas para la mezcla cinética en una capa límite, es decir, material de mezcla cinética de capa límite o material de mezcla cinética, tienen preferiblemente las siguientes características:

Las partículas deben tener una característica de geometría física que permita a la partícula rodar o voltear a lo largo de la superficie de una capa límite.

Las partículas deben tener una rugosidad superficial suficiente para interactuar con una zona de velocidad cero o una superficie de fluido no resbaladiza para promover una fricción cinética en lugar de fricción estática. La eficacia de mezcla de las partículas aumenta con la rugosidad superficial.

Las partículas deben ser suficientemente duras para que el fluido se deforme alrededor de una partícula para promover una mezcla cinética mediante el efecto de volteo o rodadura de la partícula.

Las partículas deben ser proporcionales en tamaño a la capa límite de un fluido que se usa para que las partículas rueden o volteen debido a la fricción de rodadura cinética.

5 Las partículas no deben ser demasiado pequeñas. Si las partículas son demasiado pequeñas, las partículas serán atrapadas en la capa límite y perderán una capacidad de voltear o rodar, lo que aumenta la fricción y promueve el desgaste mecánico en toda la zona de contacto de la capa límite.

Las partículas no deben ser demasiado grandes. Si las partículas son demasiado grandes, las partículas serán barridas hacia el flujo de fluido masivo y tendrán un efecto mínimo, si alguno, sobre la mezcla de la capa límite cinética. Las partículas deben tener características de tamaño y superficie, tales como características de rugosidad y/o agudeza similares a cuchillas, para poder reconectarse en la capa límite desde el fluido masivo durante el proceso de mezcla.

10 Las partículas pueden ser materiales sólidos o porosos, minerales y/o rocas hechos por el hombre o existentes en la naturaleza.

Geometría física de las partículas:

15 Las formas de las partículas pueden ser esféricas, triangulares, de diamante o cuadradas, pero las partículas semiplanas o planas son menos deseables porque no voltean bien. Las partículas semiplanas o planas voltean menos bien porque el área de superficie de sección transversal de una partícula plana tiene poca resistencia a la fricción del fluido aplicada a su pequeño espesor. Sin embargo, dado que se desea una agitación en la forma de mezcla, son beneficiosas formas complicadas de volteo, dado que el volteo complicado crea zonas de mezcla dinámica generadas al azar en la capa límite. Las zonas de mezcla al azar son análogas a zonas de mezcla creadas por cuchillas de mezcla grandes que operan con cuchillas de mezcla pequeñas. Algunas de las cuchillas giran rápidamente y algunas de las
20 cuchillas giran lentamente, pero el resultado es que las cuchillas son todas mezcladoras. En un fluido más viscoso, que tiene propiedades menos inelásticas, la mezcla cinética por partículas producirá un efecto de corte y molienda debido a la rugosidad superficial de las partículas y debido a los bordes afilados de las partículas.

25 Las partículas esféricas que tienen superficies extremadamente lisas no son ideales por las siguientes razones. En primer lugar, la rugosidad superficial aumenta la fricción entre la partícula y el fluido, lo que aumenta la capacidad de la partícula de permanecer en contacto con la zona pegajosa y/o la no resbaladiza. En contraste, una superficie lisa, tal como la que se puede encontrar en una esfera, limita el contacto con la capa pegajosa debido a una escasa adhesión superficial. En segundo lugar, la rugosidad superficial afecta directamente a la capacidad de una partícula de inducir la mezcla mediante volteo y/o rodadura, mientras que una superficie lisa no. En tercer lugar, las formas esféricas con superficies lisas tienden a rodar a lo largo de la capa límite, lo que puede promover un efecto lubricante.
30 Sin embargo, las partículas esféricas que tienen rugosidad superficial ayudan a promover la mezcla dinámica de la capa límite, así como promover efectos lubricantes, especialmente con fluidos y gases de viscosidad baja.

Las ventajas de añadir materiales de mezcla cinética a polímeros incluyen:

- Ahorros de costes conseguidos por la sustitución de polímeros caros por material estructural barato.
- 35 • Ahorros de costes conseguidos aumentando una capacidad de incorporar más material orgánico en los polímeros.
- Ahorros de costes conseguidos aumentando la productividad con niveles altos de materiales orgánicos y/o estructurales.
- Mejor dispersión de los aditivos y/o cargas mediante una mezcla aumentada sobre superficies mecánicas grandes producidas por mezcla en el límite.
- 40 • Mejor mezcla de los polímeros por efectos de molienda y corte de las partículas que ruedan a lo largo de la gran área de superficie del equipo de proceso/mezcla, ya que la velocidad de los polímeros a través del flujo del fluido afectará a la superficie durante operaciones de mezcla normales.
- Reducción del coeficiente de fricción sobre superficies mecánicas causada por efectos en la capa límite de fricción estática, que son reemplazados por fricción cinética de rodadura de una partícula dura en la capa límite.
- 45 • Producción aumentada por reducción del coeficiente de fricción en la capa límite donde el coeficiente de fricción afecte directamente al rendimiento de producción.
- Mejora de la calidad superficial: la introducción de partículas de mezcla cinética produce una zona rica en polímero sobre una superficie mecánica debido a la rotación de las partículas en la capa límite durante la mezcla, es decir, cuando se mezclan tintes, se inyecta en moldes, etc. La zona rica en polímero da como resultado un acabado superficial excelente, ya esté el polímero cargado o no cargado.
- 50

- La producción de rotación de las partículas y agitación de una película estacionaria de la capa límite por mezcla cinética, lo que da como resultado una autolimpieza de la capa límite para retirar particulados y película.
- Transferencia de calor potenciada debido a la mezcla cinética en la capa límite, que se considera que es una película estacionaria, donde la transferencia de calor es principalmente conducción, pero la mezcla de la película estancada produce una convección forzada en la superficie de la transferencia de calor.

5

El material de mezcla cinética de la invención ayudará a cumplir los requisitos normativos medioambientales actuales y previstos reduciendo el uso de ciertos aditivos tóxicos y reemplazando los aditivos tóxicos por un sólido inerte, respetuoso con el medio ambiente, es decir, por un material de mezcla cinética que es tanto químicamente como térmicamente estable.

10 Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 es una imagen SEM de perlita expandida no procesada.

La FIG. 2 es una imagen SEM de perlita procesada a un aumento de 500x.

La FIG. 3 es una imagen SEM de perlita procesada a un aumento de 2.500x.

La FIG. 4 es una imagen SEM de ceniza volcánica en donde cada marca señalizadora es igual a 100 micrómetros.

15 La FIG. 5 es una imagen SEM de ceniza volcánica en donde cada marca señalizadora es igual a 50 micrómetros.

La FIG. 6A es una imagen SEM de carbón con zeolita natural como plantilla producido a 700C.

La FIG. 6B es una imagen SEM de carbón con zeolita natural como plantilla producido a 800C.

La FIG. 6C es una imagen SEM de carbón con zeolita natural como plantilla producido a 900C.

La FIG. 6D es una imagen SEM de carbón con zeolita natural como plantilla producido a 1.000C.

20 La FIG. 7 es una imagen SEM de una membrana de alúmina nanoporosa a un aumento de 30.000x.

La FIG. 8 es una imagen SEM de una fase de pseudoboehmita $Al_2O_3 \cdot xH_2O$ cultivada sobre una aleación de aluminio AA2024-T3 a un aumento de 120.000.

La FIG. 9 es una imagen SEM de esferas de ceniza huecas no procesadas a un aumento de 1.000x.

La FIG. 10 es una imagen SEM de esferas de ceniza huecas no procesadas a un aumento de 2.500x.

25 La FIG. 11 es una imagen SEM de burbujas de vidrio 3M®.

Las FIGS. 12A y 12B son imágenes SEM de partículas de ceniza volante a un aumento de 5.000x (FIG. 12A) y 10.000x (FIG. 12B).

La FIG. 13 es una imagen SEM de vidrio reciclado a un aumento de 500x.

La FIG. 14 es una imagen SEM de vidrio reciclado a un aumento de 1.000x.

30 La FIG. 15 es una imagen SEM de roca volcánica roja procesada a un aumento de 750x.

La FIG. 16A-16D son imágenes SEM de partículas de arena.

La FIG. 17A es una imagen SEM de zeolita Y, A y silicato 1 sintetizados durante 1 hora.

La FIG. 17B es una imagen SEM de zeolita Y, A y silicato 1 sintetizados durante 1 hora.

La FIG. 17C es una imagen SEM de zeolita Y, A y silicato 1 sintetizados durante 6 horas.

35 La FIG. 17D es una imagen SEM de zeolita Y, A y silicato 1 sintetizados durante 6 horas.

La FIG. 17E es una imagen SEM de zeolita Y, A y silicato 1 sintetizados durante 12 horas.

La FIG. 17F es una imagen SEM de zeolita Y, A y silicato 1 sintetizados durante 12 horas.

La FIG. 18 es una imagen SEM de hidroxiapatita fosfocálcica.

La FIG. 19A es una imagen SEM de aglomerados de Al MFI.

40 La FIG. 19B es una imagen SEM de aglomerados de Al MFI.

- La FIG. 20A es una imagen SEM de zeolita Y microcristalina a un aumento de 20kx.
- La FIG. 20B es una imagen SEM de zeolita Y microcristalina a un aumento de 100kx.
- La FIG. 21 es una imagen SEM de ZnO, 50~150 nm.
- La FIG. 22A es una imagen SEM de residuos sólidos de material aglomerante semiesférico.
- 5 La FIG. 22B es una imagen SEM de zeolita-P sintetizada a 100°C.
- La FIG. 23A es una imagen SEM de esferas huecas de CoOOH nanoestructuradas.
- La FIG. 23B es una imagen SEM de CuO.
- La FIG. 23C es una imagen SEM de CuO.
- La FIG. 24A es una imagen SEM de ceniza fusionada a 1,5N a 100 °C.
- 10 La FIG. 24B es una imagen SEM de ceniza fusionada a 1,5N a 100 °C 6 horas que muestra zeolita sin nombre.
- La FIG. 24C es una imagen SEM de ceniza fusionada a 1,5N a 100 °C 24 horas que muestra zeolita cúbica.
- La FIG. 24D es una imagen SEM de ceniza fusionada a 1,5N a 100 °C 72 horas que muestra zeolita sin nombre y cristal grande de Gibbsita.
- La FIG. 25A es una imagen SEM de nanoesferas de Al₂O₃ lisas y uniformes de 2,5 um.
- 15 La FIG. 25B es una imagen SEM de nanoesferas de Al₂O₃ lisas y uniformes de 635 nm.
- La FIG. 26 es un modelo generado por ordenador que muestra fibras de CoOOH similares a cabellos.
- La FIG. 27 muestra dos muestras de PVC rígido con la misma carga de pigmento en ambas muestras, en donde una muestra incluye partículas de mezcla cinética.
- La FIG. 28 muestra dos muestras de policarbonato con la misma carga de pigmento en ambas muestras, en donde una muestra incluye partículas de mezcla cinética de la capa límite.
- 20 La FIG. 29 muestra un PVC rígido con manchas de ABS.
- La FIG. 30 muestra PVC y ABS mezclados entre sí.
- La FIG. 31 muestra una muestra de ensayo en donde epoxi reaccionada verde con y sin partículas de mezcla cinética se mezcló con epoxi reaccionada amarilla con y sin partículas de mezcla cinética, respectivamente. La muestra mezclada con la partícula de mezcla cinética alcanzó una mezcla superior, como evidencia el área azul más grande.
- 25 Las FIGS. 32A-32T muestran una espuma base de poliestireno o polipropileno con inyección directa de gas, en donde el % en peso de aditivo varía de 0,35% en peso a 4,2% en peso, en donde el tamaño de las celdas varía de 42 micrómetros a 217 micrómetros.
- La FIG. 33 muestra un aumento de 10x de espuma de polipropileno, donde es visible un aumento en las celdas formadas en la espuma que tiene las partículas de mezcla cinética de la invención añadidas a la misma.
- 30 La FIG. 34 muestra un aumento de 60x de espuma de polipropileno, donde es visible un aumento en las celdas formadas en la espuma que tiene las partículas de mezcla cinética de la invención añadidas a la misma.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- 35 La introducción de partículas de mezcla cinética da como resultado capacidades de dispersión excelentes, como ilustran las FIGS. 27 y 28 en materiales de viscosidad tales como termoplásticos en un entorno de mezcla de alto cizallamiento.
- La Figura 27 muestra un PVC rígido que tiene la misma carga de pigmento en ambas muestras. Puede verse claramente que la muestra de la izquierda, que tiene las partículas de mezcla cinética de la capa límite en la misma, presenta una mejor dispersión.
- 40 La Figura 28 muestra un policarbonato que tiene la misma carga de pigmento en ambas muestras. Puede verse claramente que la muestra de la derecha, que tiene las partículas de mezcla cinética de la capa límite en la misma, presenta una mejor dispersión.
- Las Figuras 27 y 28 ilustran claramente los beneficios de las partículas de mezcla cinética de la capa límite en relación

a la dispersión. Las propiedades de dispersión mejoradas permiten a un material base tener menos aditivos, porque la presencia de partículas de mezcla cinética esparce los aditivos mejor, produciendo de este modo las mismas propiedades beneficiosas de un aditivo.

Mezcla y combinación de materiales distintos

- 5 La Figura 29 muestra dos imágenes. La imagen 1 muestra PVC rígido y manchas de ABS. Estos dos materiales, incluso en condiciones de alto cizallamiento, no quieren mezclarse o combinarse químicamente entre sí.

La imagen 2 de la Figura 30 muestra el efecto de añadir partículas de mezcla cinética de la capa límite sobre materiales distintos que son difíciles de mezclar. En un extrusor, el PVC y el ABS se mezclan entre sí, lo que dio como resultado que el ABS actuó como un pigmento negro.

- 10 Por regla general, se usan aditivos en los polímeros para promover la durabilidad. Sin embargo, en el caso de retardantes de fuego, cargas, desespumantes, modificadores de la tensión superficial y biocidas, etc., las cargas tienen a menudo un efecto negativo sobre el polímero, lo que produce fatiga en todo el sistema del polímero reticulado. La adición de partículas de mezcla cinética hace más que mejorar la mezcla. La adición de partículas de mezcla cinética reduce mecánicamente el tamaño de los aditivos, lo que produce una mejor interacción en la matriz del polímero. Por lo tanto, reduciendo el tamaño de los aditivos y mejorando la dispersión, la cantidad de aditivos puede ser reducida.
- 15 Esta característica de mezcla homogénea aumenta la fuerza de reticulación del polímero reduciendo la cantidad de aditivos necesitada para producir el resultado deseado.

- 20 En una espuma reactiva de dos componentes, la adición de partículas de mezcla cinética ayudará a mezclar la interfaz líquido a líquido, lo que promueve una mejor reticulación en todo el polímero. El aditivo de partículas de mezcla cinética mejorará adicionalmente la fuerza adhesiva y comunicará mejores propiedades de flujo.

Como puede verse por referencia a la Fig. 38, la muestra superior, es decir, la muestra con partículas de mezcla cinética rompedoras del límite, es la más profusamente mezclada de las dos muestras. En otras palabras, la muestra superior mezcló el epoxi reaccionado verde y amarillo más profusamente, dando como resultado una mayor cantidad de epoxi mixto azul.

- 25 Se realizó un ensayo de mezcla estática para materiales reactivos de componente dual, cuyos resultados pueden verse en la Figura 31:

Material: Epoxi Loctite de dos componentes 60 min, 2 pigmentos, es decir, se usó uno amarillo uno verde.

Equipo: Se usó una pistola de calafateo dual de 50 ml estándar con una punta mezcladora estática desechable de 0,635 centímetros (1/4 de pulgada) de diámetro y 15,24 centímetros (6 pulgadas) de largo.

- 30 Configuración del experimento:

Se hicieron reaccionar 100 ml de epoxi, se mezclaron y se mezcló en ellos una pequeña cantidad de pigmento amarillo;

Se hicieron reaccionar 100 ml de epoxi, se mezclaron y se mezcló en ellos una pequeña cantidad de pigmento verde;

Los dos epoxis reaccionados de 100 ml con pigmento dentro se dividieron después a la mitad. 50 ml de epoxi reaccionado amarillo se pusieron en una mitad de un cartucho único de componentes duales en un mezclador estático.

- 35 En la otra mitad del mezclador estático, se colocaron 50 ml de epoxi reaccionado verde en el cartucho único de componentes duales.

Los 50 ml de epoxi reaccionado amarillo tenían 1% en masa de partículas de mezcla cinética mezcladas a mano en los mismos. El epoxi reaccionado amarillo se puso en una mitad del cartucho mezclador estático. Los 50 ml de epoxi reaccionado verde tenían 1% en masa de partículas de mezcla cinética mezcladas a mano en los mismos. Después se colocaron los 50 ml de epoxi reaccionado verde en el otro lado del cartucho de componentes duales. El procedimiento de mezcla se realizó durante aproximadamente 5 minutos antes de que el material se eyectara fuera del mezclador estático a la misma velocidad baja. Después se dejó que los tubos de mezcla estática se curaran totalmente. Después se cortaron los tubos por la mitad usando un cortador de chorro de agua. Como puede verse por referencia a la FIG. 31, la muestra superior, es decir, la muestra con partículas de mezcla cinética, es la más profusamente mezclada de las dos muestras. En otras palabras, la muestra superior mezcló el epoxi reaccionado verde y amarillo más profusamente, dando como resultado una mayor cantidad de epoxi mixto azul.

- 40 Aplicación en tecnologías de espuma

Cuando el material estructural altamente especializado, es decir, las partículas de mezcla cinética, se incorpora con una tecnología de espumación, las características únicas de la mezcla cinética no se detienen cuando una etapa de mezcla está completa. Las partículas de mezcla cinética continúan permaneciendo activas según se mueven los fluidos durante el proceso de expansión. La actividad de las partículas de la etapa de postmezcla promueve una mejor dispersión de agentes de soplado, así como una movilidad aumentada mediante la mejor dispersión de aditivos

- 50

reactivos y no reactivos en todo el polímero durante la expansión de la espuma. La mejor dispersión y movilidad aumentada dan como resultado una consistencia celular mejorada. La forma característica única de estructuras tridimensionales, puntiagudas, similares a cuchillas, de las partículas de mezcla cinética produce sitios de nucleación excelentes, aumentando de este modo las consistencias y la resistencia de la pared celular.

- 5 Es deseable reducir los tamaños de celda de una espuma de una estructura celular de 700-1.000 micrómetros de tamaño a 10 micrómetros y menos. Este avance permitiría a la industria preparar espumas más fuertes, más ligeras, que las que han estado siempre disponibles en el mercado.

10 En un procedimiento de espuma inyectada con gas usando gases tales como (N₂, CO₂, Ar, etc.), la parte más difícil del procedimiento es disolver los gases en el plástico fundido o el material reactivo. Diferentes gases tienen diferentes constantes de solubilidad con diferentes polímeros.

Constantes de solubilidad

15 La variación de las constantes de solubilidad da como resultado inconsistencias en la carga de gas de diversos materiales. Las variaciones estructurales y térmicas son causadas por las inconsistentes estructuras celulares donde la espuma ha producido tamaños de celda tanto grandes como pequeños. Los intentos de vencer estas dificultades incluyen aumentar la longitud del extrusor o usar extrusores múltiples para aumentar el tiempo de dispersión para la mezcla mecánica. La adición de partículas de mezcla cinética incorpora partículas estructurales duras tridimensionales de tamaño nano y micrométrico. Las partículas de mezcla cinética producen aberturas mecánicas de tamaño micro y nanométrico en el plástico durante el procedimiento de mezcla. Las aberturas permiten la dispersión del gas en el polímero, reduciendo en gran medida de este modo el tiempo de mezcla y los efectos de la solubilidad del gas. Las partículas de mezcla cinética tridimensionales pueden ser adaptadas para tener diversos tamaños y formas donde los rasgos estructurales, tales como longitud de cuchilla, profundidad de cavidad, tamaño de huecos entre partículas, tamaño de miembros sobresalientes, longitud de la estructura similar a una espina, etc., pueden producir celdas en la espuma de un tamaño deseado.

25 Por ejemplo, se realizó un estudio donde se usaron partículas de mezcla cinética de tipo I y se añadió gas CO₂ crítico a polipropileno con diversas concentraciones de partículas de mezcla cinética de tipo I. Los resultados pueden verse en las Figuras 32A-32T. Las partículas de mezcla cinética de tipo I se produjeron a partir de perlita expandida, y tenían un tamaño medio de partícula de 30 μ con las concentraciones en peso fórmula enumeradas en la Tabla 1, a continuación, sin incluir el gas CO₂. La adición de las partículas de mezcla cinética de tipo I produjo una estructura celular pequeña consistente de 45 μ con 4,8% en peso fórmula y estructuras celulares más grandes de 163 μ con 0,40% en peso fórmula. La adición de las partículas de mezcla cinética de tipo I a poliestireno produjo una estructura celular pequeña consistente de 42 μ con 1,75% en peso fórmula y estructuras celulares más grandes de 217 μ con 0,35% en peso fórmula. Tanto con polipropileno como poliestireno, la región de baja energía que se produjo cuando rotaron las partículas de mezcla cinética fue la misma. Sin embargo, la capacidad de las burbujas de conglomerarse y producir celdas más grandes se reduce cuando están presentes más partículas cinéticas. El poliestireno mostró que la estructura celular puede ser disminuida si se añadieron demasiadas partículas de mezcla cinética de la capa límite. El desplazamiento fue de 42 μ a 1,75% en peso fórmula a 54 μ a 4,2% en peso fórmula. Por lo tanto, cuanto más alta es la velocidad de producción de estructuras celulares de tamaño micrométrico que se forman mediante la rotación de las partículas de mezcla cinética en una matriz de espuma, mayor es la reducción del potencial de conglomeración celular.

Figura N°	Resina	% de partículas de mezcla cinética en los gránulos	% de gránulos usados en la alimentación del producto	% de partículas de mezcla cinética mostradas en la Figura	Tamaño de celda, micrómetros
32K+L	PP	40,00%	12,00%	4,80%	45
32I+J	PP	40,00%	8,00%	3,20%	63
32M+N	PP	40,00%	5,00%	2,00%	63
32E+F	PP	40,00%	3,00%	1,20%	77
32G+H	PP	40,00%	1,00%	0,40%	163
32O+P	PS	35,00%	5,00%	1,75%	42
32A+B	PS	35,00%	3,00%	1,05%	46

32S+T	PS	35,00%	12,00%	4,20%	54
32C+D	PS	35,00%	1,00%	0,35%	217

La relación entre las partículas y el tamaño de celda resultante es función de LAS características superficiales de la partícula cinética que se usa.

5 Por ejemplo, usando el ensayo de gas inyectado mencionado anteriormente para ilustrar las características del tamaño de partícula en relación a la formación de celdas, cuando una partícula de perlita expandida con las características superficiales de mezcla cinética de la capa límite apropiadas rueda y voltea en movimiento cinético, la partícula de perlita producirá regiones de energía superficial baja en el polímero que son proporcionales en tamaño a una cavidad hueca de la partícula donde el vértice del hueco forma un ángulo muy pequeño. En una realización, es decir, donde el hueco es definido por una superficie hiperbólica, el vértice se hace infinito, de la misma manera que los vértices de un triángulo hiperbólico no conformal. La perlita expandida que tiene las características de una partícula de mezcla de tipo I parece como las plumas de la parte trasera de una flecha, es decir, la partícula posee características tridimensionales similares a una cuchilla, lo que permite la formación de burbujas entre cuchillas. La burbuja quedará adherida a la estructura similar a una cuchilla hasta que las fuerzas de resistencia aplicadas por el fluido venzan las fuerzas adhesivas de la burbuja expandiente y sobresaliente que se forma en la partícula de mezcla cinética de la capa límite. El ejemplo anterior discutió un tamaño medio de partícula de 30 μ . Por lo tanto, el radio de partícula en este ejemplo es 15 μ . Se liberará una burbuja de una partícula de mezcla cinética de tipo I a aproximadamente tres veces el radio. La relación 3:1 cambia dependiendo de los tipos de partículas de mezcla cinética, porque el contacto geométrico entre superficies afecta directamente a las fuerzas adhesivas de la burbuja. Por lo tanto, diferentes configuraciones geométricas cambian la energía de retirada de superficie a fluido para producir tamaños de celda más grandes o más pequeños. La dinámica de la mezcla y la selección de polímeros y aditivos tendrán un efecto significativo sobre la fuerza del fluido aplicada a las partículas de mezcla cinética para vencer la fuerza adhesiva de la burbuja en una superficie de la partícula de mezcla cinética, que puede variar de aplicación a aplicación. Una regla de oro general es que el tamaño de burbuja deseado, es decir, el tamaño del hueco de la espuma, se espera que sea de 0,025 a 8 veces más grande que el tamaño en diámetro de la partícula y/o de un brazo sobresaliente de una partícula. Para el tipo I particular, los autores de la invención esperan que el tamaño del hueco sea 1-8 veces más grande que el tamaño en diámetro de la partícula y/o de un brazo sobresaliente de una partícula.

La adición de las partículas de mezcla cinética del Solicitante mejora cuatro áreas de la tecnología de espumas actual: 1. Consistencia de la estructura celular; 2. Dispersión de los componentes de la fórmula; 3. Resistencia mejorada; 4. Costes reducidos. Estas cuatro áreas de impacto se discutirán a continuación.

30 Consistencia de la estructura celular

Según se mueven las partículas de mezcla cinética con el fluido durante la expansión de la espuma, los bordes producen sitios de nucleación excelentes que causan que el fluido se expanda de una manera tal que aumenta la consistencia de la estructura celular. Esto puede verse en las Figuras 33 y 34. La Figura 33 muestra un aumento de 10x en donde pueden verse más celdas en una espuma de polipropileno preparada con un material aditivo de mezcla cinética de tipo I que en la espuma preparada sin el aditivo. De manera similar, la Figura 34 muestra más celdas en el interior de una espuma de polipropileno preparada con un material aditivo de mezcla cinética de tipo I que en la espuma preparada sin el aditivo.

Dispersión de los componentes de la fórmula

40 La partícula de mezcla cinética de la capa límite de tipo I preparada a partir de perlita expandida dio como resultado una mejor dispersión de todos los componentes de la fórmula, incluyendo agentes de soplado, en todo el polímero, sin cambiar las propiedades químicas de la fórmula. Incluso durante la expansión post-extrusor, las partículas continúan influyendo en la espuma mediante mezcla, creando de este modo una mejor dispersión de los componentes de la fórmula en todo el polímero.

Resistencia mejorada

45 Se realizó un ensayo de resistencia de impacto Izod sobre espuma de polipropileno a perfiles Izod 1/2" estándar:

Polipropileno con 1%* de agente de soplado = 7,14 g

Polipropileno con 1%* de agente de soplado + 1%* de aditivo = 8,11 g

*en peso fórmula

50 La dispersión mejorada de los componentes de la fórmula combinada con la constitución celular mejorada de la estructura de la espuma, producida por la introducción de las partículas de mezcla cinética de tipo I, dio como resultado un aumento de 13,5% en la resistencia al impacto.

Coste reducido

Análisis de la reducción de peso en espuma de polipropileno, perfiles Izod de ½” estándar

Polipropileno con 1%* de agente de soplado = 21,5 g

Polipropileno con 1%* de agente de soplado + 1%* de aditivo = 13,5 g

5 *en peso fórmula

La dispersión mejorada de los componentes de la fórmula combinada con la constitución celular mejorada de la estructura de la espuma, producida por la introducción de las partículas de mezcla cinética de tipo I, dio como resultado una reducción de 25,0% en el peso de la parte de la misma forma geométrica.

10 Los beneficios de la aplicación de partículas de mezcla cinética no se limitan a la aplicación en plásticos de espuma tales como polipropileno, polietileno, poliestireno, PVC, ABS, etc., ni se limitan los beneficios a espumas reactivas tales como uretanos de un solo componente, uretanos de componentes plurales, epoxi, ureas, etc. La adición de partículas de mezcla cinética producirá resultados similares en cualquier material de espuma estructural que use agentes de soplado endotérmicos, agentes de soplado exotérmicos, sistemas de inyección de espumas con nitrógeno o gas CO₂.

15 Tabla 1

PARÁMETROS DE OPERACIÓN

COMPañÍA	Ferris					
RESINA	PP, PS					
FECHA						
TIPO DE HUSILLO	Uso general					
MÁQUINA N° Huskey HY - Energy	150 ton engel		PP	Base +	PS	Base +
NOMBRE DE PARTE	Agente de soplado		Base	Rompedor de límite	Base	Rompedor de límite
BOQUILLA	°C (°F)		204,4 (400)	204,4 (400)	218,3 (425)	218,3 (425)
TEMPERATURA DE LA ZONA 1	°C (°F)		204,4 (400)	204,4 (400)	215,5 (420)	215,5 (420)
TEMPERATURA DE LA ZONA 2	°C (°F)		193,3 (380)	193,3 (380)	212,8 (415)	212,8 (415)
TEMPERATURA DE LA ZONA 3	°C (°F)		193,3 (380)	193,3 (380)	212,8 (415)	212,8 (415)
TEMPERATURA DE LA ZONA 4	°C (°F)		187,8 (370)	187,8 (370)	210,0 (410)	210,0 (410)
TEMPERATURA DE LA ZONA 5	°C (°F)					
TEMPERATURA DE FUSIÓN			204,4 (400)	204,4 (400)	215,5 (420)	215,5 (420)
ejecutor caliente						
Tamaño de disparo			2,5	2,5	2,5	2,5

ES 2 710 284 T3

Velocidad de inyección						
Perfil	mm/s		50	50	50	50
'1	mm/s					
'2	mm/s					
'3	mm/s					
'4	mm/s					
'5	mm/s					
I ⁰ Presión de inyección	PSI/BAR		0,2	0,25	0,25	0,4
Tiempo de llenado	%/s		2	2	2	2
PRESIÓN TRASERA	%/BAR		75	75	75	75
VELOCIDAD DEL HUSILLO	%		50	50	40	40
Cojín	mm		0,2	0,2	0,2	0,2
Tiempo de empaquetado	s		4	4	4	4
Presión de empaquetado	PSI/BAR		0	0	0	0
Tiempo de retención	s		0	0	0	0
Presión de retención	PSI/BAR		0	0	0	0
Tiempo de recuperación	s		15	15	18	18
Tiempo de curado	%/s		20	20	45	45
Descompresión	mm		0,1	0,1	0,1	0,1
Tiempo de ciclo	s		30	30	55	55
Temp. del molde delante	°C (°F)		26,7 (80)	26,7 (80)	26,7 (80)	26,7 (80)
Temp. del molde detrás	°C (°F)		26,7 (80)	26,7 (80)	26,7 (80)	26,7 (80)

Agentes de soplado químicos

5 Las partículas de la invención proporcionan una ayuda mecánica a los agentes de soplado usados en el mercado de tres maneras. La primera es una dispersión aumentada de los agentes de soplado producida por mezcla mecánica nano y micrométrica. La segunda es las perforaciones de tamaño nano y micrométrico que ocurren durante la mezcla, que permiten la dispersión de los agentes de soplado químicos en el polímero. La tercera es un proceso de mezcla cinética mecánica nano y micrométrica que disminuye la tensión superficial en la zona de mezcla, dando a los agentes de soplado mecánicos la capacidad de nuclearse más libremente. Estas partículas de mezcla cinética también pueden incorporarse en el mercado en una formulación de agente de soplado mediante un procedimiento de revestimiento y/o dopaje para producir los mismos resultados. La partícula base puede usarse para producir mejores agentes de soplado.

Sitios de nucleación

Ha habido diversos materiales que se han usado para producir una mejor nucleación y tamaños de celda más

unificados. El material más común usado en el mercado es el talco, junto con algunos materiales más exóticos tales como nanoarcilla y nanotubos de carbono. Ha habido mucha discusión y debate sobre la relación del tamaño de partícula de nucleación al tamaño de la celda de espuma.

5 La tecnología de la invención se centra en un principio fundamental de formas geométricas para aumentar los sitios de nucleación, promoviendo una energía superficial baja dentro de un polímero. La energía superficial disminuida de un fluido que rodea una partícula es producida por una forma geométrica que tiene un vértice muy agudo. Donde el hueco es definido por una superficie hiperbólica, el vértice se hace infinito de la misma manera que los vértices de un triángulo hiperbólico no conformal. Estas formas geométricas incluyen estructuras internas accesibles, huecos o bolsas cuyas formas geométricas producen esquinas, diamantes y triángulos.

10 Los polímeros son materiales similares a cadenas que se doblan de manera natural sobre superficies y alrededor de partículas de una manera similar al agua que fluye en un río. Cuanto más abrupta es la forma de la partícula, mayor turbulencia es la que se produce. Por ejemplo, considérense las rocas en un río, donde las rocas lisas crean poca a ninguna turbulencia, mientras que las rocas que tienen bordes y cavidades abruptos producen mucha turbulencia. La turbulencia crea un área o región de energía superficial baja. Las áreas de energía superficial baja permiten que se produzcan sitios de nucleación.

Los sitios de nucleación son el comienzo de la formación de burbujas, que se convierte en una reacción en cadena de formación de celdas en todo el polímero.

A continuación sigue una discusión de las formas geométricas de los materiales de nucleación usados habitualmente y materiales nuevos que están siendo desarrollados.

20 Talco: forma plana similar a placas, mantenidas unidas por fuerzas de Vander Wal débiles que permiten al material escindirse durante un cizallamiento alto. El talco puede procesarse en tamaños de partícula pequeños, y puede tener o no bordes afilados o dentados dependiendo de las condiciones de procesamiento.

Nanoarcilla: forma irregular, muy probablemente esférica o cilíndrica, que tiene una relación de aspecto de aproximadamente uno. La nanoarcilla es un orgánico duro, y puede procesarse en formas de tamaño nanométrico.

25 Nanotubos de carbono: de forma cilíndrica o similar a fibras. Los nanotubos de carbono son fuertes, y se producen molecularmente.

30 Todos los materiales mencionados anteriormente tienen atributos que producen regiones de energía baja en un fluido que fluye, estimulando de este modo sitios de nucleación adyacentes en base al tamaño y a la geometría. Por ejemplo, las partículas de tamaño nanométrico promueven regiones de energía baja, porque los polímeros de cadena larga tienen dificultad en doblarse alrededor de un radio pequeño. Por lo tanto, las partículas de tamaño nanométrico producen regiones pequeñas alrededor de las partículas para sitios de nucleación. Una dificultad con los nanomateriales está relacionada con dificultades asociadas con dispersar las partículas pequeñas uniformemente en todo el polímero. Una dispersión uniforme es crucial para producir regiones de energía superficial baja en base al radio de las partículas, en relación a la flexión del polímero. Si las nanopartículas permanecen en regiones conglomeradas, las conglomeraciones pueden no producir regiones de energía superficial baja adecuadas para sitios de nucleación. Adicionalmente, las conglomeraciones hacen difícil calcular una nucleación predecible en base al número de nanopartículas.

40 El talco tiene propiedades físicas únicas. El talco no es un sólido rígido. El talco es mantenido unido por fuerzas de Vander Wal débiles, y se usa en muchos casos como lubricante. La forma natural del talco son estructuras pequeñas similares a placas finas que sufren una transformación de la forma física cuando están a la alta presión y cizallamiento producidos por un extrusor. El talco puede usarse para producir sitios de energía baja por efectos de borde acoplados con propiedades lubricantes en todo el polímero. El talco no es un material estructural. Por lo tanto, el talco cambia de tamaño y forma dentro de un procedimiento de extrusión con diferentes polímeros, debido a la carga mecánica comunicada sobre las partículas de talco, haciendo difícil predecir con exactitud el resultado de la nucleación, a diferencia del talco. Las partículas de mezcla cinética del Solicitante son ideales para sitios de nucleación, porque las características superficiales son predecibles y repetibles en base a su dispersabilidad e integridad estructural en todo un polímero, independientemente de los parámetros de operación dentro del extrusor.

50 Las partículas de mezcla cinética del Solicitante son partículas estructurales rígidas, con características superficiales diversas que producen una interacción energética superficial baja, independientemente del polímero o de los efectos de cizallamiento que se apliquen. Las partículas de mezcla cinética son autodispersantes, lo que vence la complicación de usar nanomateriales como sitios de nucleación.

Método de aplicación

El aditivo, es decir, las partículas de mezcla cinética, puede incorporarse en una fórmula de plástico o espuma de diferentes maneras, que incluyen:

55

1. Directamente en gránulos de plástico de un fabricante o una compañía de composición en un porcentaje en peso fórmula total de 0,20% a 70,0%
2. Compuesto como aditivo con un agente de soplado del fabricante de un agente de soplado en forma de polvo o granular.
- 5 3. Alimentado a una mezcla de plástico o espuma como un polvo bruto o como un gránulo de plástico compuesto, especializado, para alimentar directamente al extrusor usando un sistema de tolva para controlar el porcentaje de carga.
4. Incorporado como un polvo seco directamente en fluidos antes de que los fluidos sean mezclados o durante el procedimiento de mezcla.
- 10 Puede encontrarse en la Tabla 1 un ejemplo de formulación de un agente de soplado y una descripción del equipo usado para el procesamiento.

Partícula de Tipo I

15 La partícula de Tipo I se incrusta profundamente en la capa límite para producir una mezcla cinética excelente de fluidos constituyentes de la espuma, tanto en la capa límite como en la zona de mezcla. Las partículas de Tipo I aumentan la dispersión de aditivos químicos y minerales. Las partículas de Tipo I aumentan el flujo del fluido. El área de superficie de las partículas de Tipo I es grande en comparación con la masa de las partículas de Tipo I. Por lo tanto las partículas de Tipo I permanecen en suspensión bien. En un ejemplo, se prepara una partícula de mezcla cinética de tipo (I) a partir de perlita expandida con una dureza en la escala de Mohs de 5,5 (equivalente a una cuchilla de acero de alta calidad). Por eficacia, las partículas de todos los tipos tienen preferiblemente una dureza de 2,5 o superior en la escala de Mohs.

20 Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra perlita expandida que es no procesada. La perlita es una mena explotable sin problemas medioambientales conocidos, y está disponible fácilmente en la mayoría de los continentes, y es superada en abundancia solo por la arena. La perlita expandida se produce mediante un procedimiento de expansión térmica, que puede ser adaptado para producir diversos espesores de pared de las burbujas. La perlita expandida muestra claramente una estructura celular de pared fina, y cómo se deformará bajo presión. En una realización, la perlita puede usarse en una forma no procesada bruta, que es la forma más económica del material. La perlita tiene una capacidad de autoconformarse, es decir, ser machacada en partículas más pequeñas, bajo presión en partículas de mezcla cinética de la capa límite.

25 La FIG. 2 es una imagen que demuestra que las partículas de perlita expandida no se conglomeran, y fluirán fácilmente entre otras partículas de proceso. Por lo tanto, las partículas de perlita expandida se dispersarán fácilmente con un equipo de mezcla mínimo.

30 Haciendo referencia a la FIG. 3, se muestra una imagen aumentada de una partícula de perlita expandida que muestra una forma estructural preferida para partículas de perlita procesada. Las partículas pueden describirse como que tienen cuchillas tridimensionales afiladas similares a cuñas y puntas con diversos tamaños. La forma irregular promueve una mezcla cinética diversa de la capa límite. La perlita expandida mostrada en la FIG. 3 es extremadamente ligera, teniendo una densidad en el intervalo de 0,1-0,15 g/cm. El bajo peso permite que una velocidad del fluido mínima promueva la rotación de la partícula. Las características similares a cuchillas visibles en la FIG. 3 capturan fácilmente la energía cinética del fluido que fluye sobre la capa límite, mientras que las características similares a cuchillas dentadas visibles en la FIG. 3 perforan fácilmente la capa límite del fluido que fluye para promover la agitación, a la vez de mantener la adherencia a la superficie de la capa límite. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido es 900 nm a 50 μ . Esta partícula de mezcla cinética produce una dispersión en diversos fluidos que tienen un amplio intervalo de viscosidades. Adicionalmente, la partícula de perlita expandida es un agente de nucleación excelente en los procedimientos de espumación.

35 Haciendo referencia ahora a la FIG. 4, se muestra ceniza volcánica en su estado natural. La ceniza volcánica presenta características similares a las características de la perlita expandida, discutidas anteriormente, con respecto a las estructuras celulares de paredes finas. La ceniza volcánica es un material formado de manera natural que es fácilmente explotable y que puede ser procesado fácilmente hasta un material de mezcla cinética que produzca una mezcla cinética de la capa límite. El material de ceniza volcánica es también deformable, lo que le hace un candidato ideal para procedimientos en línea para producir formas deseadas por mezcla o bien aplicación de presión.

40 Haciendo referencia ahora a la FIG. 5, se muestra una pluralidad de partículas de ceniza volcánica machacada. La FIG. 5 ilustra una forma de partícula machacada que tiene características similares a cuchillas tridimensionales que interactuarán en la capa límite de una manera similar a la perlita expandida, discutida anteriormente, en su forma procesada. Las partículas de ceniza volcánica machacada de la FIG. 5 son más grandes que la perlita procesada, haciendo a la aplicación de partículas de ceniza volcánica machacada más apropiada para materiales de viscosidad más alta. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido está entre 80 μ y 30 μ . Este material funcionará de manera similar a los materiales de perlita procesada discutidos anteriormente.

Haciendo referencia ahora a las FIGS. 6A-6D, se muestra carbono con zeolita natural como plantilla producido a 700 C (FIG. 6A), 800 C (FIG. 6B), 900 C (FIG. 6C) y 1.000 C (FIG. 6D). La zeolita es un material fácilmente explotable, con tamaños de poro pequeños, que puede ser procesado para producir características superficiales deseadas del material de mezcla cinética. La perlita procesada y la ceniza volcánica machacada tienen capacidades de interacción con la capa límite similares. Las partículas de zeolita tienen una porosidad pequeña, y pueden, por lo tanto, producir partículas de mezcla cinética de la capa límite activas en el intervalo nanométrico. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido está entre 600 nm y 900 nm. Las partículas de zeolita son ideales para la reducción de la fricción en materiales de viscosidad media.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 7, se muestra una membrana de alúmina nanoporosa que tiene una estructura celular que se fracturará y creará características de partícula similares a cualquier material de fuerza. Las fracturas del material tendrán lugar en las paredes finas, no en las intersecciones, produciendo de este modo características similares a los materiales discutidos anteriormente, que son ideales para partículas de mezcla cinética de la capa límite. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido está entre 300 nm y 500 nm. Los tamaños de partícula de este material se aplican más apropiadamente a fluidos de viscosidad media a baja.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 8, se muestra una fase de pseudoboehmita $Al_2O_3 \cdot xH_2O$ cultivada sobre aleación de aluminio AA2024-T3. Son visibles las características similares a cuchillas sobre la superficie de la perlita procesada. El punto de fractura de este material está en las caras de las cuchillas finas entre las intersecciones donde se juntan una o más cuchillas. Las fracturas producirán una forma de cuchilla tridimensional similar a una forma de "Y", "V" o "X", o combinaciones de formas geométricas similares. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido es de 50 nm a 150 nm.

Partícula de Tipo II

La partícula de tipo II alcanza una penetración media en una capa límite, para producir una mezcla cinética de la capa límite mínima y capacidades de dispersión mínimas. Las partículas de Tipo II dan como resultado una mejora del flujo del fluido mínima, y se suspenden fácilmente debido a la superficie grande y extremadamente baja masa de las partículas de Tipo II.

La mayoría de los materiales que forman esferas huecas pueden sufrir un procesamiento mecánico para producir fragmentos similares a cáscaras de huevo con características superficiales para promover la mezcla cinética de la capa límite.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 9, se muestra una imagen de esferas huecas no procesadas de ceniza. La ceniza es un material explotable que puede sufrir autoconformación para producir características de partícula de mezcla cinética de la capa límite, dependiendo de las condiciones de proceso. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido es de 20 μ a 80 μ antes de procesos de autoconformación. La autoconformación puede alcanzarse por mezcla mecánica o bien presión, cualquiera de las cuales produce un efecto machacador.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 10, se muestran esferas huecas procesadas de ceniza. Las esferas de ceniza fracturadas voltearán en una capa límite de manera similar a un trozo de papel en una acera. La ligera curva del material es similar a un trozo de cáscara de huevo, en que el material tiende a voltear debido a su ligero peso y su ligera curvatura. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido está entre 5 nm y 50 nm. Las esferas de ceniza funcionarán de una manera similar a la perlita expandida, pero el material posee una capacidad de esparcimiento inferior, porque su forma geométrica no permite que las partículas lleguen a bloquearse físicamente en la capa límite, debido al hecho de que dos o más cuchillas producen más resistencia y mejor agitación mientras una partícula voltear a lo largo de la capa límite. Este material reduce la fricción entre el fluido que fluye y la pared de la tubería o el equipo de proceso durante el flujo de materiales de viscosidad intensa.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 11, se muestran burbujas de vidrio 3M® que pueden procesarse en estructuras similares a cáscaras de huevo rotas para producir características superficiales que promueven la mezcla cinética de la capa límite. Las partículas de burbujas de vidrio rotas son similares en rendimiento y aplicación a las esferas huecas de ceniza, excepto que el espesor de pared y el diámetro, así como la resistencia, pueden adaptarse en base a las condiciones de proceso y las selecciones de materias primas. Estos materiales hechos por el hombre son adecuados para el uso en aplicaciones de calidad alimentaria. Se estima que el tamaño de aplicación preferido es de aproximadamente 80 μ a 5 μ antes de procesos de autoconformación. La autoconformación puede llevarse a cabo por mezcla mecánica o bien por presión, que producen un efecto machacador.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 12, se muestra una fotografía SEM de partículas de ceniza volante x 5.000 (FIG. 12A) y partículas de zeolita x 10.000 (FIG. 12B). Las partículas comprenden esferas huecas. La ceniza volante es un producto de desecho común producido por combustión. Las partículas de ceniza volante están disponibles fácilmente y son baratas. La zeolita puede ser explotada y preparada mediante un procedimiento sintético barato para producir cientos de miles de variaciones. Por lo tanto, pueden seleccionarse características deseables de una estructura derivada de una esfera de zeolita hueca. La partícula de zeolita mostrada es una partícula híbrida, en que la partícula tendrá características superficiales similares a la perlita procesada, y la partícula retiene una forma semicurvada, es decir, una forma de cáscara de huevo similar a la de una esfera hueca machacada. Se estima que el tamaño de

aplicación aproximado preferido es de 5 μ a 800 μ antes de procesos de autoconformación. La autoconformación puede llevarse a cabo por mezcla mecánica o bien por presión, que producen un efecto machacador. El pequeño tamaño de estas partículas hace a las partículas ideales para el uso en materiales de viscosidad media.

Partículas de tipo III

5 Las partículas clasificadas como Partícula de tipo III presentan una penetración mínima en una capa límite. Las partículas de tipo III presentan una mezcla cinética mínima en la capa límite, y tienen características de dispersión excelentes, tanto con aditivos químicos blandos como aditivos minerales duros. Las partículas de tipo III aumentan el flujo del fluido, y no se suspenden bien pero se mezclan fácilmente de nuevo en la suspensión. Algunos materiales sólidos tienen la capacidad de producir una fractura concoidal para producir características superficiales que promueven la mezcla cinética de la capa límite.

10 Haciendo referencia ahora a las FIGS. 13 y 14, se muestran imágenes de vidrio reciclado. El vidrio reciclado es un material hecho por el hombre disponible fácilmente, que es barato y se procesa fácilmente hasta partículas de mezcla cinética de la capa límite. Las características similares a cuchillas afiladas de las partículas son producidas por una fractura concoidal de manera similar a diversos otros minerales explotables. Las superficies similares a cuchillas de estas partículas no son finas como la perlita. La densidad de las partículas es proporcional al sólido a partir del cual se preparan las partículas. Las cuchillas afiladas interactúan con la capa límite de un fluido que fluye de una manera similar a la interacción de la perlita, excepto que las partículas de vidrio reciclado requieren típicamente un material viscoso y un caudal robusto para producir rotación. El vidrio reciclado procesado no tiene carga estática. Por lo tanto, el vidrio reciclado no produce aglomeración durante la dispersión. Sin embargo, debido a su alta densidad, las partículas de vidrio reciclado pueden sedimentarse fuera del fluido más fácilmente que otros materiales de baja densidad. Se estima que los tamaños de aplicación aproximados preferidos están entre 5 μ y 200 μ . Este material produce un buen rendimiento en capas límite de fluidos de viscosidad intensa con caudales altos. Esta partícula de mezcla cinética produce dispersión. La superficie lisa de las partículas reduce la fricción.

25 Haciendo referencia ahora a la FIG. 15, se muestra una imagen de partículas de roca volcánica de lava roja. La lava es un material explotable disponible fácilmente. Un uso típico para la lava es para el uso como rocas paisajísticas en el suroeste de América y en California. Este material sufre fractura concoidal, y produce características similares al vidrio reciclado. Sin embargo, las superficies fracturadas poseen más rugosidad superficial que la superficie lisa del vidrio reciclado. Las características superficiales producen un efecto de molienda ligeramente mayor, acoplado con un corte similar a cuchillas de un fluido que fluye. Por lo tanto, las partículas no solo voltean, también tienen un efecto abrasivo sobre una corriente de fluido. El material volcánico dispersa materiales semiduros por todos los medios viscosos, tales como retardantes de fuego, dióxido de titanio, carbonato de calcio, etc. Se estima que los tamaños de aplicación aproximados preferidos están entre 1 μ y 40 μ . La roca volcánica procesada produce un buen rendimiento en la capa límite de materiales fluyentes de viscosidad intensa a caudales altos, y produce dispersión.

35 Haciendo referencia ahora a las FIGS. 16A-16D, las FIGS. 16A-16C muestran partículas de arena que tienen la capacidad de fracturarse y producir características superficiales apropiadas para el uso como partículas de mezcla cinética de la capa límite. Las imágenes muestran partículas que tienen propiedades físicas similares a las propiedades del vidrio reciclado, lo que produce beneficios similares. Las FIGS. 16A, 16B y 16D tienen buenas características superficiales para interactuar con la capa límite de un fluido que fluye, si bien las características superficiales mostradas en las figuras son diferentes. La FIG. 16A muestra algunas características similares a cuchillas que tienen una buena rugosidad superficial a lo largo de los bordes de la partícula, para promover la interacción superficial de la capa límite. Las partículas de la FIG. 16A requerirán caudales de velocidad más alta para producir el volteo. Las partículas de la FIG. 16B tienen características superficiales similares a las características superficiales del vidrio reciclado discutido anteriormente. La FIG. 16D muestra partículas que tienen una buena rugosidad superficial para promover la interacción de manera similar a la interacción de estos materiales generalmente. El rendimiento de estas partículas es similar al rendimiento del vidrio reciclado. La arena es un material abundante que es explotable y puede procesarse de manera barata para producir formas fracturadas deseadas en diversos tamaños. La arena se considera respetuosa con el medio ambiente, porque es un material natural. Se estima que los tamaños de aplicación aproximados preferidos están entre 5 μ y 250 μ . Este material produce un buen rendimiento en las capas límite de materiales de viscosidad intensa a caudales altos. Esta partícula de mezcla cinética produce dispersión. La superficie lisa de las partículas reduce la fricción.

55 Haciendo referencia ahora a las FIGS. 17A-17F, se muestran imágenes de zeolita Y, A y silicato-1. Se muestran imágenes SEM de películas que se han sintetizado durante 1 h (FIGS. 17A, 17B), 6 h (FIGS. 17C, 17D) y 12 h (FIGS. 17E, 17F) en la parte del fondo de una disolución de síntesis a 100° C. Estos materiales pueden procesarse para producir partículas de mezcla cinética de la capa límite de tamaño nanométrico. Este material se cultiva sintéticamente, y es limitado en cantidad y, por lo tanto, tiende a ser caro. Todas las seis imágenes, es decir, las FIGS. 17A-17F, muestran claramente la capacidad de este material de producir una fractura concoidal con estructuras similares a cuchillas similares a las estructuras mencionadas anteriormente. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido está entre 500 nm y 1.000 nm. El intervalo de tamaños de partícula de este material lo hace útil en fluidos de viscosidad media.

60

Haciendo referencia ahora a la FIG. 18, se muestra hidroxiapatita fosfocálcica, fórmula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, que forma parte de la familia cristalográfica de las apatitas, que son compuestos isomórficos que tienen la misma estructura hexagonal. Este es el compuesto de fosfato de calcio más habitualmente usado para biomateriales. La hidroxiapatita se usa principalmente para aplicaciones médicas. Las características superficiales y el rendimiento son similares a los de las partículas de lava roja, discutidas anteriormente, pero pueden poseer una rugosidad superficial mejor que las partículas de lava roja.

Partículas de Tipo IV

Algunos materiales aglomerantes sólidos tienen la capacidad de producir una fractura de la estructura del aglomerado, para producir materiales uniformes únicos individuales que producen características superficiales que promueven la mezcla cinética de la capa límite.

Haciendo referencia ahora a las FIGS. 19A y 19B, se muestran imágenes SEM de materiales compuestos de espuma de Al/zeolita después de un tiempo de cristalización de 24 h a diferentes aumentos. La FIG. 19A muestra un puntal de espuma de Al/zeolita. La FIG. 19B muestra aglomerados MFI. Las dos imágenes muestran una estructura inherente de este material, que se fracturará fácilmente tras un procesamiento mecánico para producir aglomerados de forma irregular de partículas individuales formadas de manera única. Cuanto más diversas son las características superficiales de un material, mejor interactuará el material con la zona no resbaladiza pegajosa de una capa límite de un fluido que fluye para producir una mezcla cinética de la capa límite. Este material posee brotes similares a flores con esquinas de 90° aleatorias sobresalientes, que son afiladas y bien definidas. Las esquinas promoverán la agitación mecánica de la capa límite. Las partículas también tienen formas semiesféricas o similares a cilindros, que permitirán al material rodar o voltear mientras mantienen el contacto con la capa límite, debido a las diversas características superficiales. Se estima que el tamaño de aplicación aproximado preferido de las partículas está entre $1\ \mu$ y $20\ \mu$. Este material podría usarse en un fluido de viscosidad alta. Las características superficiales producirán una dispersión excelente de materiales endurecidos tales como retardantes de fuego, óxido de cinc y carbonato de calcio. Según ruedan las partículas de materiales compuestos de espuma de Al/zeolita, la formación similar a un bloque actúa como molinos de martillos en miniatura que descascarillan materiales impactando contra la capa límite en el fluido que fluye.

Haciendo referencia ahora a las FIGS. 20A y 20B, se muestra una imagen SEM de zeolita Y microcristalina (FIG. 20A) y una imagen SEM de zeolita Y nanocristalina (FIG. 20B). Todas las partículas tienen las mismas características a nivel nanométrico que las mencionadas en la espuma/zeolita, anteriormente. En la FIG. 20A, la principal partícula semiplana en el centro de la imagen es de aproximadamente $400\ \text{nm}$. En la FIG. 20B, los puntos multifacetados son de menos que $100\ \text{nm}$ en tamaño de partícula. Bajo un procesamiento mecánico, estos materiales pueden fracturarse en diversas partículas de mezcla cinética de la capa límite. Se estima para el material de aglomerado de la FIG. 20A que el tamaño de aplicación aproximado preferido está entre $400\ \text{nm}$ y $10\ \mu$, y para el material de aglomerado de la FIG. 20B está entre $50\ \text{nm}$ y $150\ \text{nm}$. Bajo un cizallamiento mecánico alto, estos materiales aglomerantes tienen la capacidad de autoconformarse fracturando la partícula más resistente que está impidiendo a la partícula del aglomerado rodar fácilmente. Debido a su capacidad rotacional aleatoria dinámica, estos materiales de aglomeración son excelentes para el uso como modificadores de la fricción en el fluido que fluye.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 21, se muestran partículas de óxido de cinc de $50\ \text{nm}$ a $150\ \text{nm}$. El óxido de cinc es un nanopolvo barato que puede ser especializado para ser hidrófobo o para ser más hidrófilo, dependiendo de la aplicación deseada. El óxido de cinc forma aglomerados que tienen formas extremadamente aleatorias. Este material funciona muy bien debido a su movimiento rotacional aleatorio resultante en un fluido que fluye. Las partículas tienen características superficiales diversas, con esquinas de 90° que crean características similares a cuchillas en diversas formas. Las características superficiales incluyen brazos sobresalientes que están conglomerados entre sí en diversas formas, tales como cilindros, rectángulos, cubos, partículas con forma de Y, partículas con forma de X, octágonos, pentágonos, triángulos y diamantes. Como estos materiales están constituidos por aglomerados que tienen formas diversas, los materiales producen una reducción de la fricción enorme, porque la capa límite es batida para estar tan cercana a turbulenta como sea posible por una mezcla mecánica diversa, a la vez que mantiene aún un flujo de fluido laminar.

Partícula de Tipo V

Las partículas de Tipo V dan como resultado una penetración media en la capa límite. Las partículas de Tipo V crean una mezcla cinética media de la capa límite similar a un rastrillo de hojas sobre suelo seco. Las partículas de Tipo V tienen fuerzas adhesivas excelentes para la región pegajosa de la capa límite, lo que se requiere para una mezcla de la capa límite de dos fases. Las partículas de Tipo V producen una dispersión de aditivos mínima. Por lo tanto, la adición de partículas de Tipo V aumenta el flujo del fluido, y las partículas tenderán a quedar en suspensión. Algunos materiales aglomerantes semiesféricos huecos o sólidos con una morfología superficial agresiva, p.ej., rugosidad, grupos, estrías y fibras similares a cabellos, promueven una adhesión excelente a la capa límite con la capacidad de rodar libremente, y pueden usarse en fluidos de viscosidad baja y materiales de cambio de fase, p.ej., líquido a un gas y gas a un líquido. Las partículas de Tipo V poseen las características superficiales deseadas para promover la mezcla cinética de la capa límite.

Haciendo referencia ahora a las FIGS. 22A y 22B, se muestra una micrografía electrónica de barrido de residuos sólidos (FIG. 22A) y una micrografía electrónica de barrido y un análisis de áreas de espectroscopía dispersiva de energía (EDS) de zeolita-P sintetizada a 100 °C. A diferencia de los materiales de aglomeración discutidos en la partícula de tipo IV, estos materiales tienen una forma esférica y una rugosidad superficial que puede ser creada por materiales similares a cabellos que sobresalen de la superficie de las partículas. La FIG. 22A muestra una partícula que posee buenas características esféricas. Una mayoría de las esferas tienen rugosidad superficial, que es creada por pequeñas partículas conectoras similares a granos de arena sobre la superficie. La FIG. 22B muestra una partícula semicircular que tiene fibras similares a cabellos que sobresalen de la superficie entera. Estas características promueven una buena, pero no excelente, adhesión a la capa límite. Estos materiales ruedan libremente sobre la superficie de la capa límite para producir una mezcla mínima para promover la mezcla cinética de la capa límite en un sistema de dos fases. Por ejemplo, según pasa un líquido a un gas en un sistema cerrado, la capa límite se está afinando rápidamente. Las partículas deben permanecer en contacto y rodar para promover la mezcla cinética de la capa límite. El material también debe tener la capacidad de viajar dentro del flujo del gas para reciclarse de vuelta al líquido para funcionar como un medio activo en ambas fases. Estas partículas tienen un intervalo de tamaños preferido de entre aproximadamente 1 μ a 5 μ (FIG. 22A) y de entre aproximadamente 20 μ a 40 μ (FIG. 22B). Ambas funcionarían bien en un sistema de generación de vapor de alta presión, donde las partículas moverían la película estancada sobre las paredes de un hervidor de conducción hacia un proceso de transferencia de calor por convección.

Partícula de Tipo VI

Haciendo referencia ahora a las FIGS. 23A, 23B y 23C, se muestran esferas huecas de CoOOH nanoestructuradas que son precursores versátiles para diversos dativos de óxido de cobalto (p.ej. Co_3O_4 , LiCoO_2) y también poseen una actividad catalítica excelente. El CuO es un óxido de metal de transición importante con un ancho de banda estrecho (p.ej., 1,2 eV). El CuO se ha usado como catalizador, sensor de gases, y en materiales de ánodos para baterías de ión Li. El CuO se ha usado también para preparar superconductores de alta temperatura y materiales de magnetorresistencia.

Haciendo referencia ahora a las FIGS. 25A y 25B, se muestran nanoesferas de Al_2O_3 simples, uniformes de 2,5 μm (FIG. 25A) y nanoesferas de Al_2O_3 simples, uniformes de 635 nm que tienen en la superficie fibras similares a cabellos.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 26, se muestra un modelo generado por ordenador que muestra fibras similares a cabellos que promueven la adhesión a la capa límite de tal modo que las partículas de tamaño nanométrico permanecerán en contacto con una capa límite de un fluido que fluye a la vez que ruedan a lo largo de la capa límite y producen una mezcla cinética.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir una espuma que tiene consistencia celular, que comprende las etapas de:
 - añadir partículas de mezcla cinética que tienen características superficiales irregulares a fluidos constituyentes de espuma, en donde dichas características superficiales irregulares se seleccionan del grupo que consiste en ángulos de huecos internos de partículas menores que 180° y conglomeraciones que incorporan estas características superficiales;
 - mezclar dichos fluidos constituyentes de espuma;
 - rotar dichas partículas de mezcla cinética para producir regiones superficiales de energía baja dentro de dichos fluidos constituyentes de espuma;
 - expandir dichos fluidos constituyentes de espuma para formar una espuma que tiene una pluralidad de huecos de espuma.
2. El método según la reivindicación 1, en donde:
 - dichas características superficiales irregulares son conglomeraciones que tienen una forma seleccionada del grupo que consiste en brazos sobresalientes que están conglomerados entre sí como cilindros, rectángulos, cubos, partículas con forma de Y, partículas con forma de X, octágonos, pentágono, triángulos o diamantes.
3. El método según la reivindicación 1, en donde:
 - cuando dichas partículas de mezcla cinética ya no rotan, dichas partículas de mezcla cinética forman puntos de nucleación adyacentes a dichas características superficiales irregulares.
4. El método según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de:
 - seleccionar un tamaño medio de dichas partículas de mezcla cinética para seleccionar un tamaño medio de dicho hueco en dicha espuma.
5. El método según la reivindicación 4, en donde:
 - dicho tamaño de dicho hueco de espuma en dicha espuma tiene un diámetro que es 0,025 a 8 veces el diámetro medio de dichas partículas de mezcla cinética.
6. Una espuma que tiene consistencia celular, que comprende:
 - constituyentes de espuma mezclada expandida que comprenden una pluralidad de huecos en los mismos; y
 - partículas de mezcla cinética en dicha espuma expandida, teniendo dichas partículas de mezcla cinética características superficiales irregulares, en donde dichas características superficiales irregulares se seleccionan del grupo que consiste en ángulos de huecos internos de partículas menores que 180° y conglomeraciones que incorporan una o más de estas características superficiales.
7. La espuma según la reivindicación 6, en donde:
 - dichos huecos de espuma de dicha espuma tienen un diámetro medio de 0,025 a 8,0 veces un tamaño medio de dichas partículas de mezcla cinética.
8. La espuma según la reivindicación 6, en donde:
 - dichas características superficiales irregulares son conglomeraciones que tienen una forma seleccionada del grupo que consiste en brazos sobresalientes que están conglomerados entre sí como cilindros, rectángulos, cubos, partículas con forma de Y, partículas con forma de X, octágonos, pentágono, triángulos o diamantes.
9. El método o espuma según la reivindicación 1 o 6, en donde:
 - dichas partículas de mezcla cinética están comprendidas de perlita.
10. El método o espuma según la reivindicación 12, en donde dicha perlita es sólida.
11. El método o espuma según la reivindicación 12, en donde dicha perlita es expandida.
12. El método o espuma según la reivindicación 1 o 6, en donde:
 - dichas partículas de mezcla cinética tienen una dureza de al menos 2,5 en la escala de dureza de Mohs.

13. El método o espuma según la reivindicación 1 o 6, en donde:

dichas partículas de mezcla cinética se seleccionan de un grupo que consiste en materiales sólidos o porosos, minerales y o rocas hechos por el hombre o existentes en la naturaleza.

PARTÍCULA CINÉTICA DE TIPO I

(1) Perlita expandida no procesada

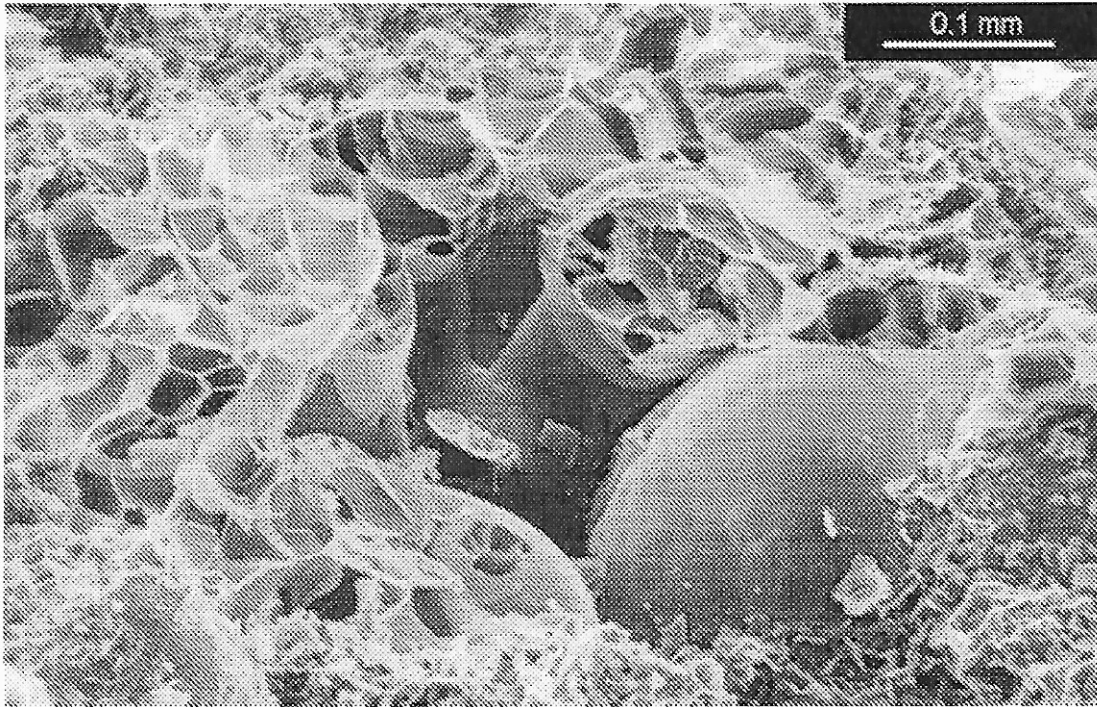


FIG. 1

(2) Perlita procesada

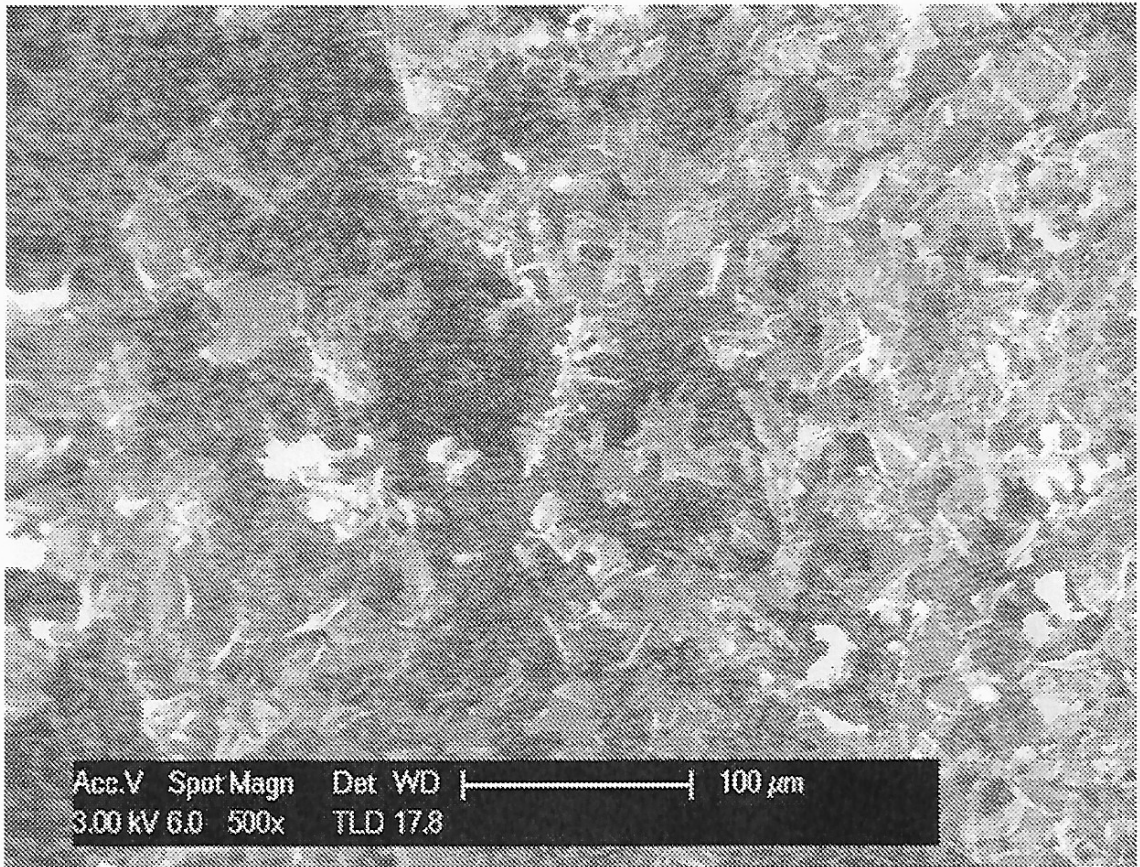


FIG. 2

(3) Perlita procesada

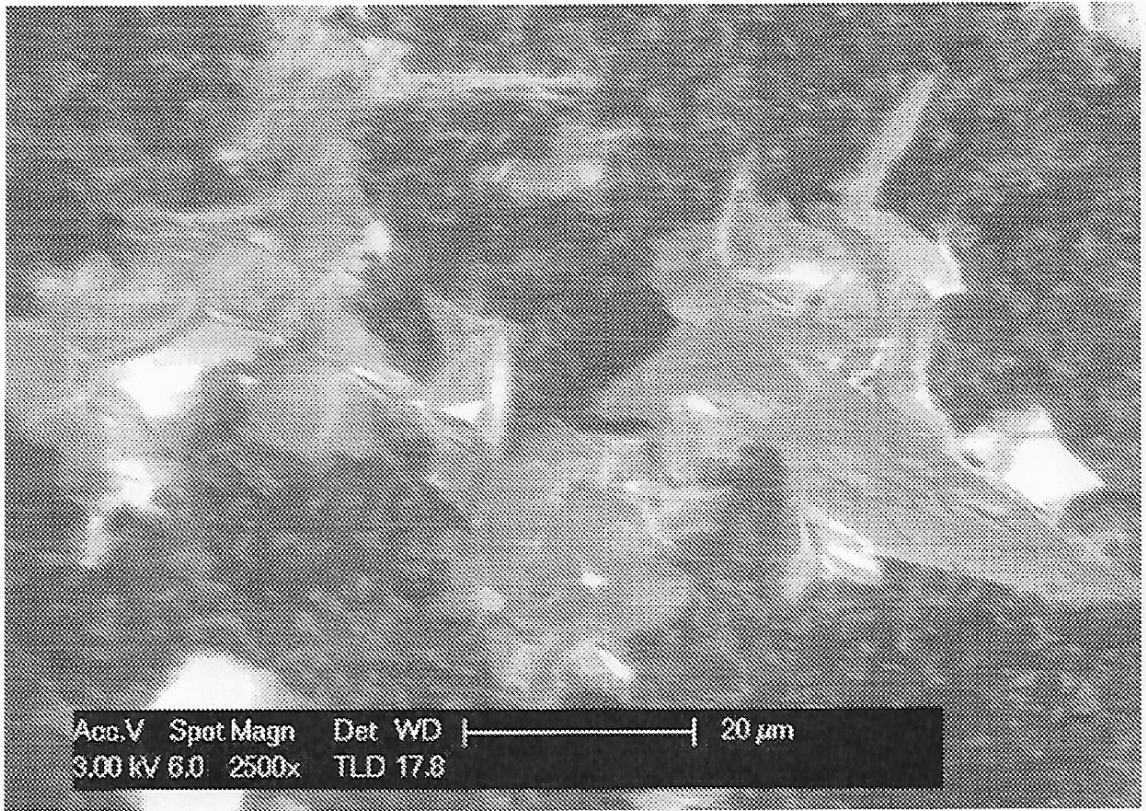


FIG. 3

(4) Ceniza volcánica (marca señalizadora = 100 micrómetros)

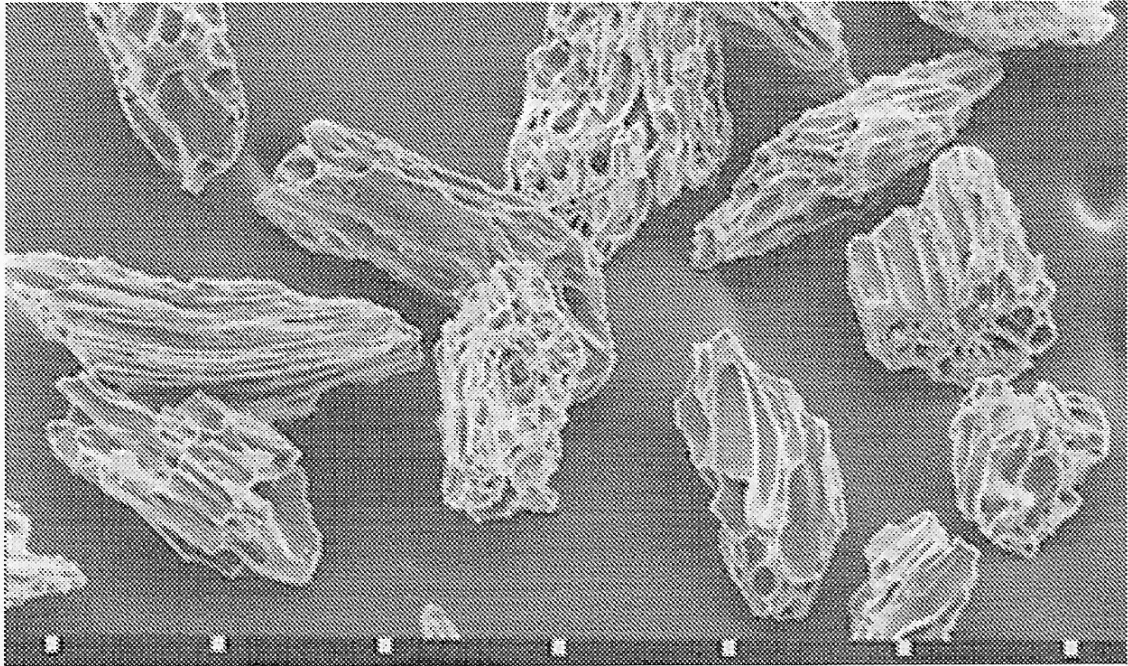


FIG. 4

(5) Ceniza volcánica (marca señalizadora = 50 micrómetros)



FIG. 5

(6) carbón con zeolita natural como plantilla, producido a (A) 700C, (B) 800C, (C) 900C y (D) 1.000C

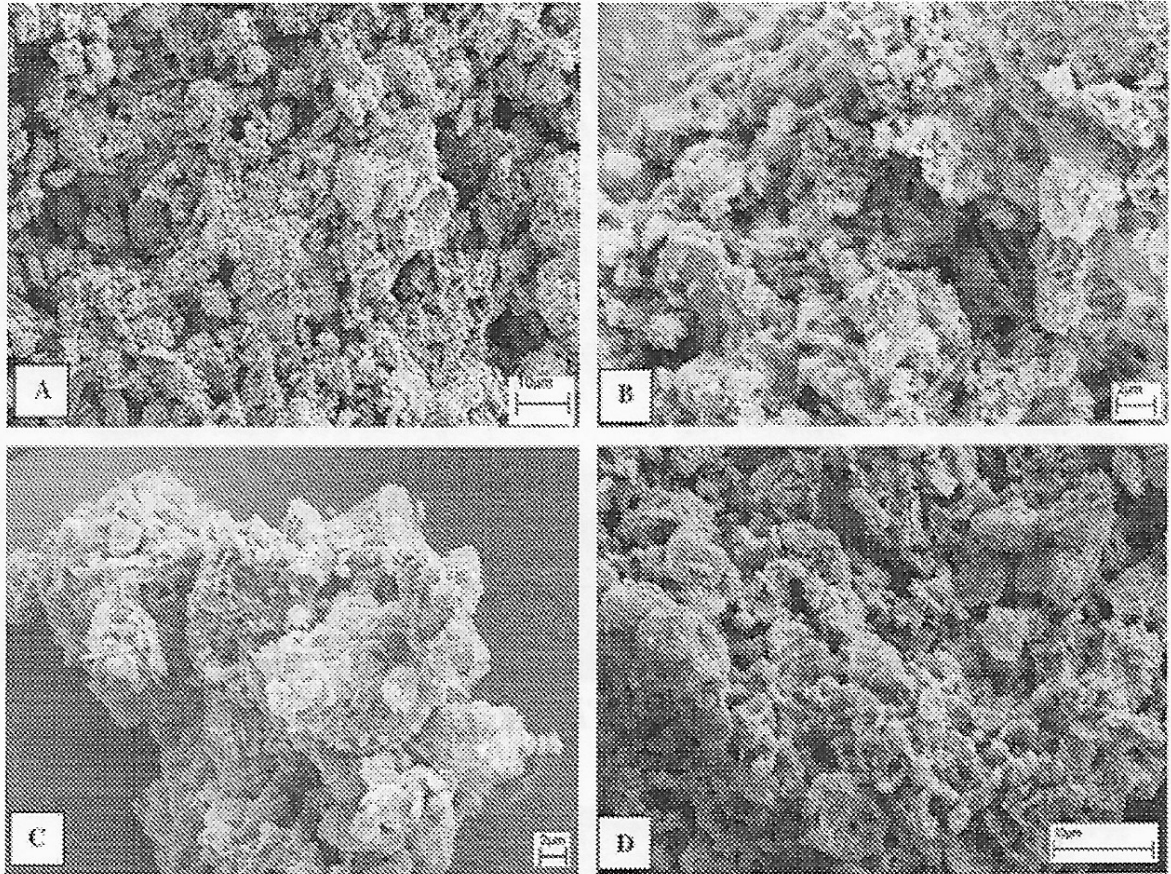


FIG. 6

(7) membrana de alúmina nanoporosa

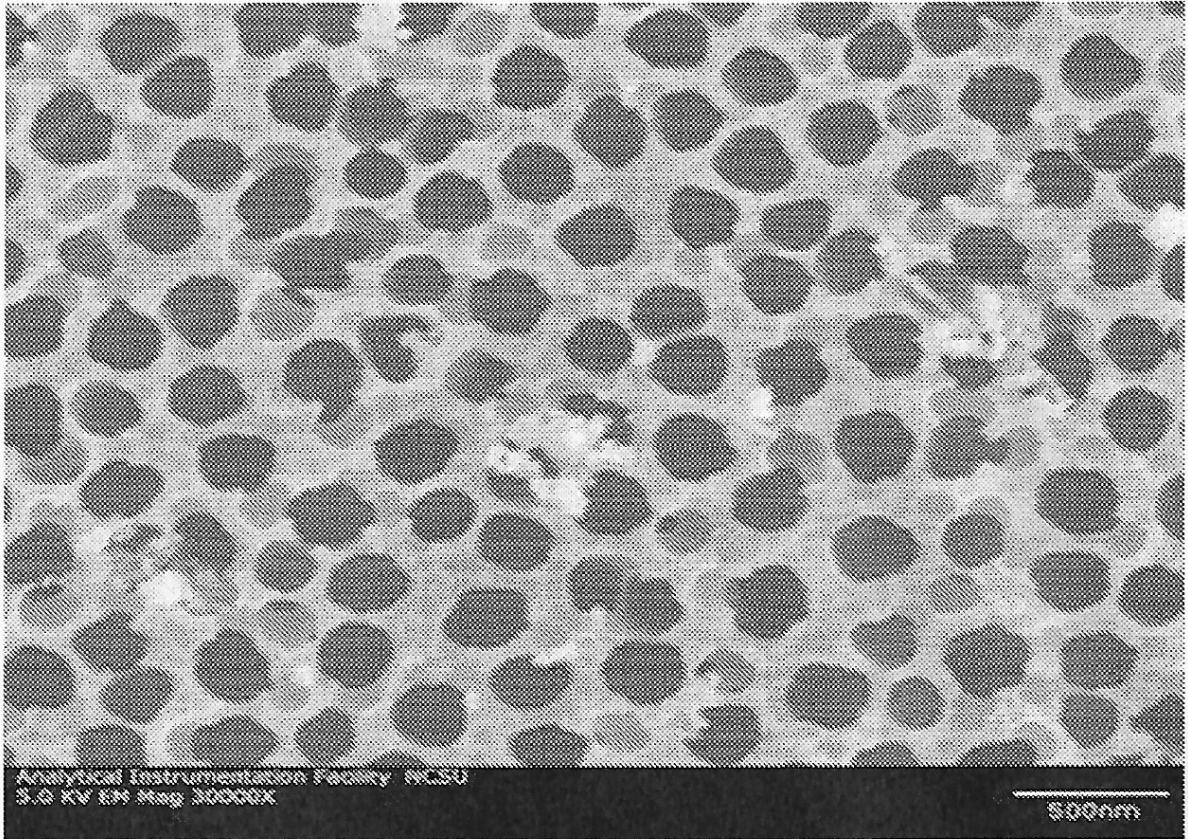


FIG. 7

(8) Fase de pseudoboehmita $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ cultivada sobre aleación de aluminio AA2024-T3

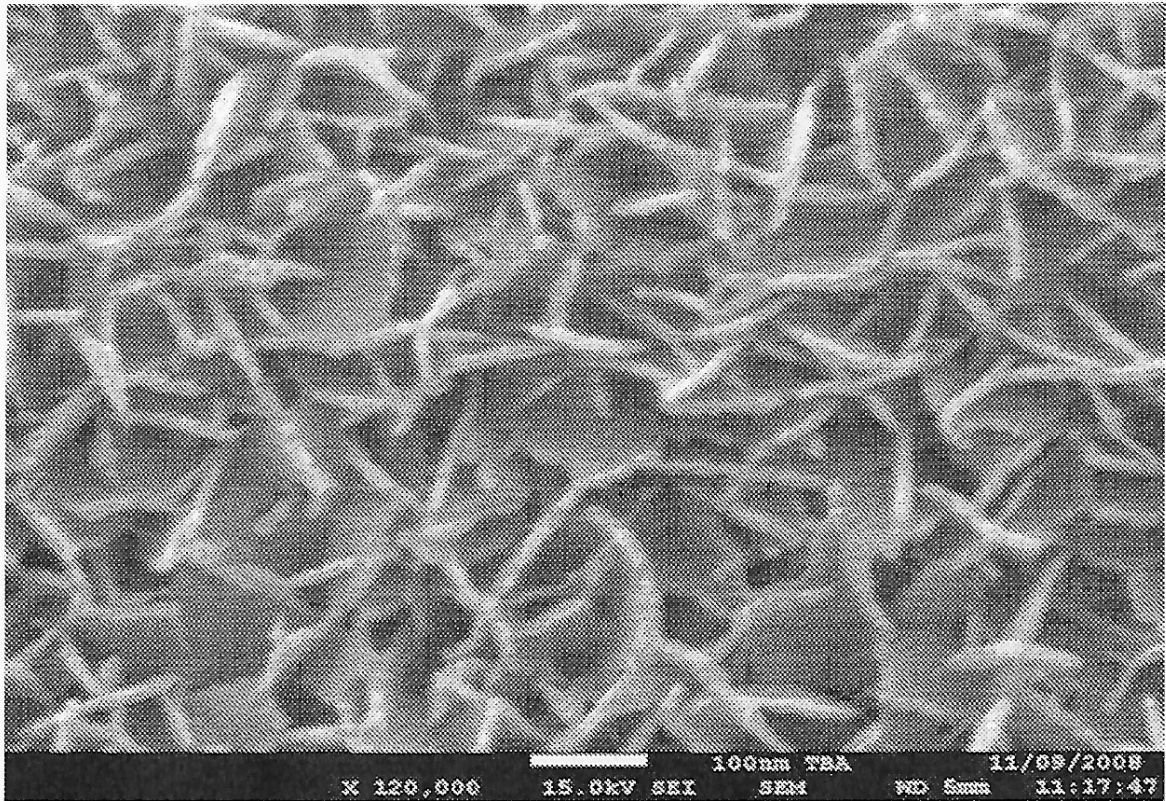


FIG. 8

PARTÍCULA CINÉTICA DE TIPO II

La mayoría de materiales de esferas huecas pueden sufrir una conformación mecánica a fin de producir fragmentos similares a cáscaras de huevo con características superficiales para promover la mezcla cinética de la capa límite.

(1) Esferas huecas de ceniza no procesada

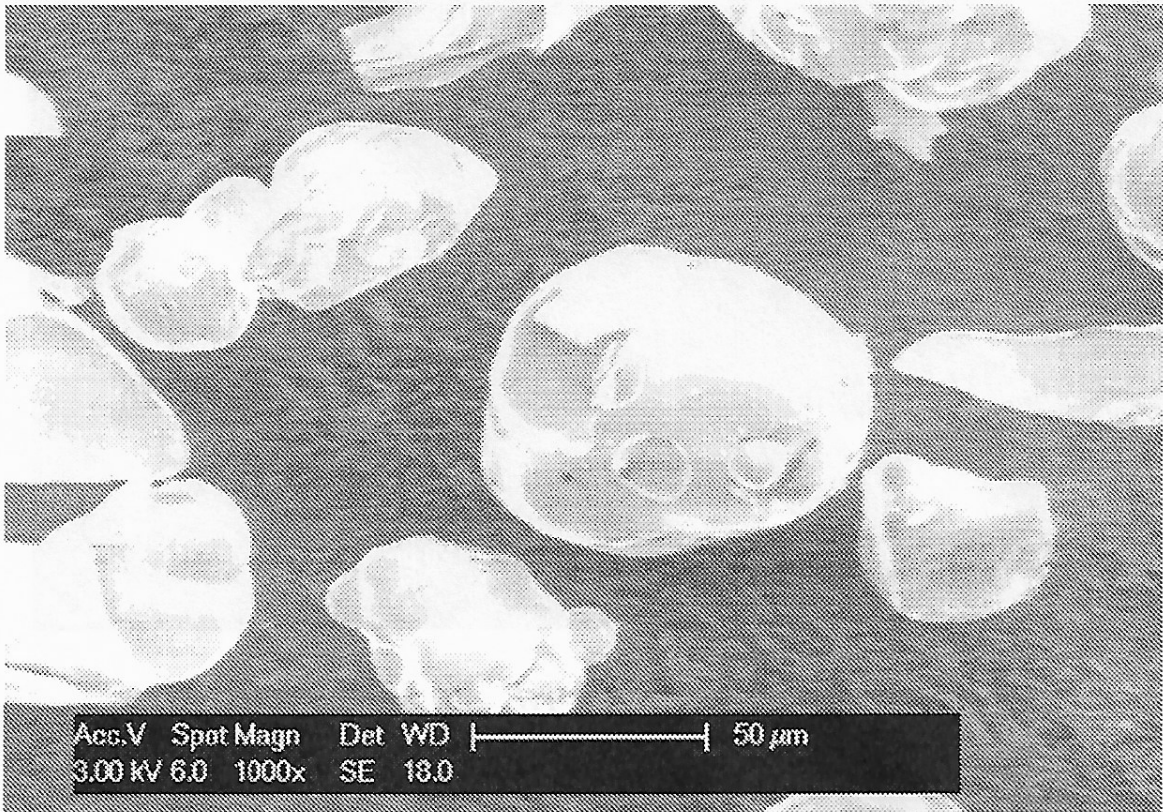


FIG. 9

(2) Esferas huecas de ceniza 1 procesada

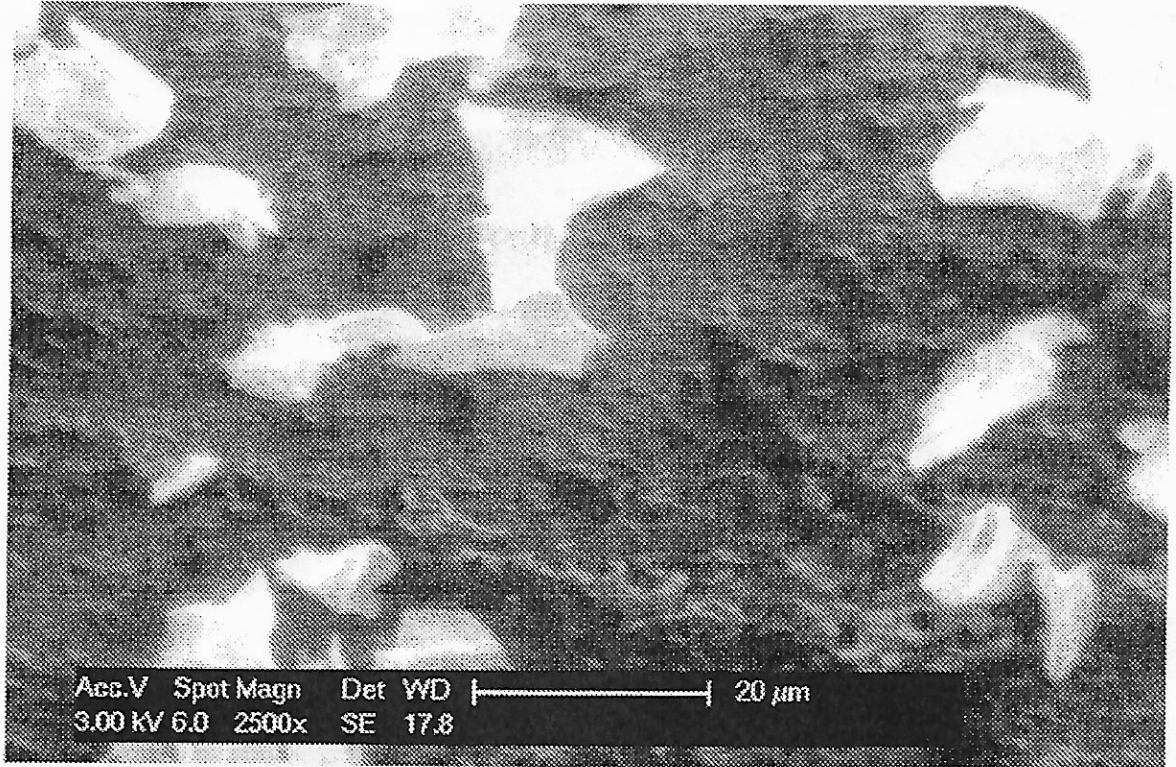


FIG. 10

(3) BURBUJA DE VIDRIO 3M pueden producirse en estructuras similares a cáscaras de huevo rotas a fin de producir características superficiales para promover la mezcla cinética de la capa límite.

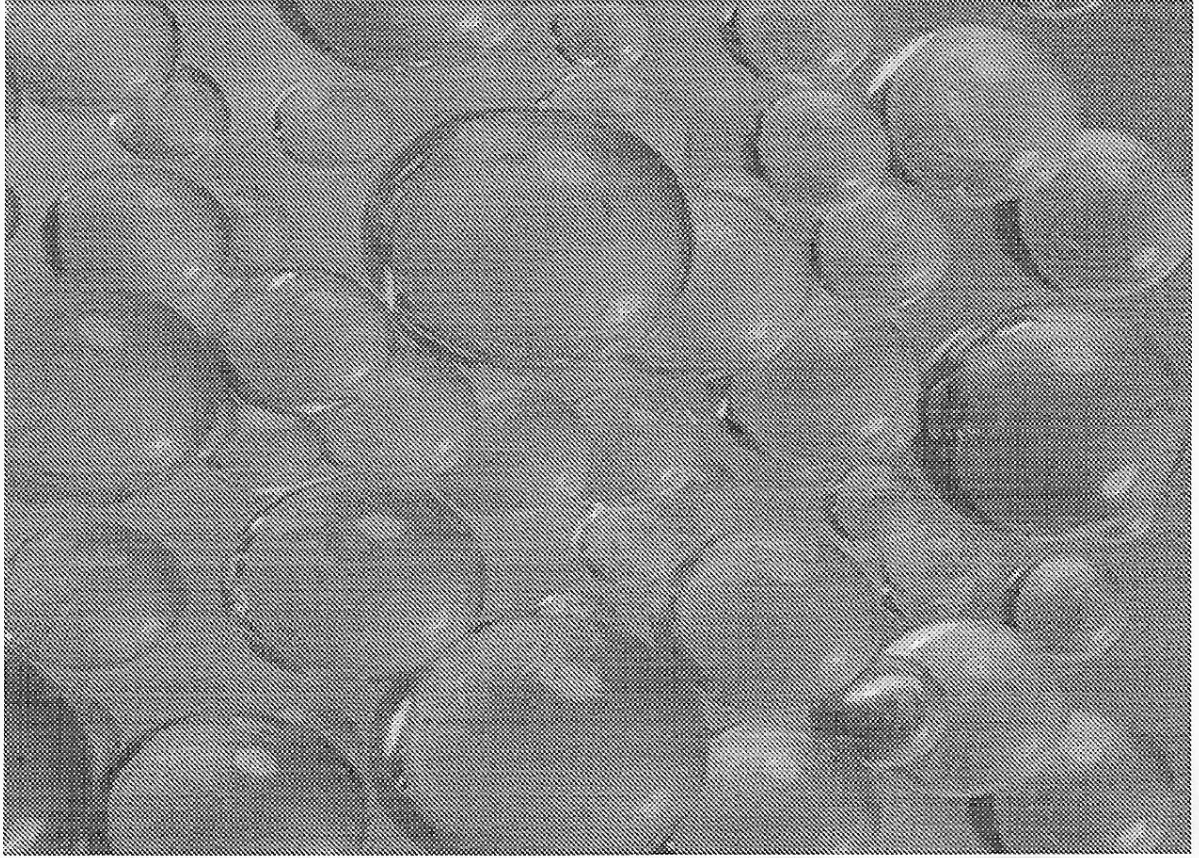


FIG. 11

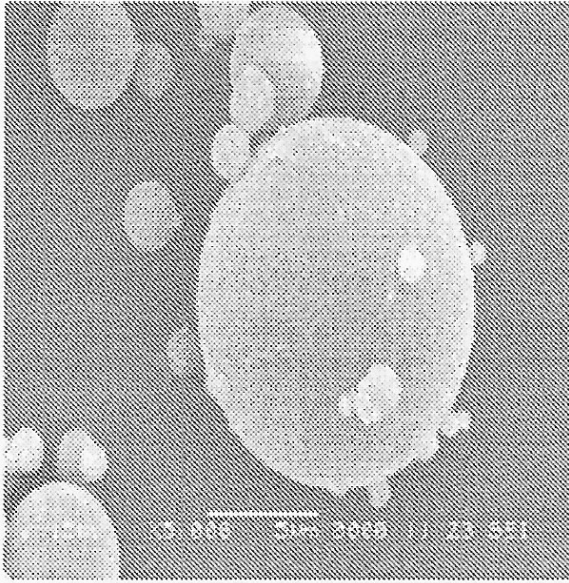


FIG. 12A

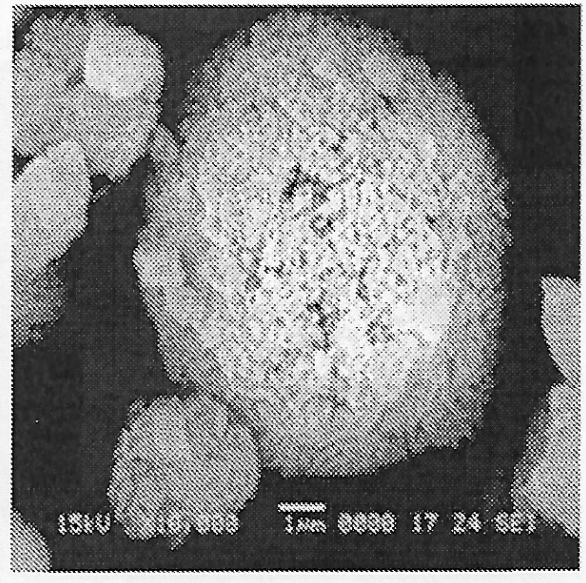


FIG. 12B

PARTÍCULA CINÉTICA DE TIPO III

Algunos materiales sólidos tienen la capacidad de producir fracturación *concoidal* a fin de producir características superficiales para promover la mezcla cinética de la capa límite.

(1) Vidrio reciclado 1

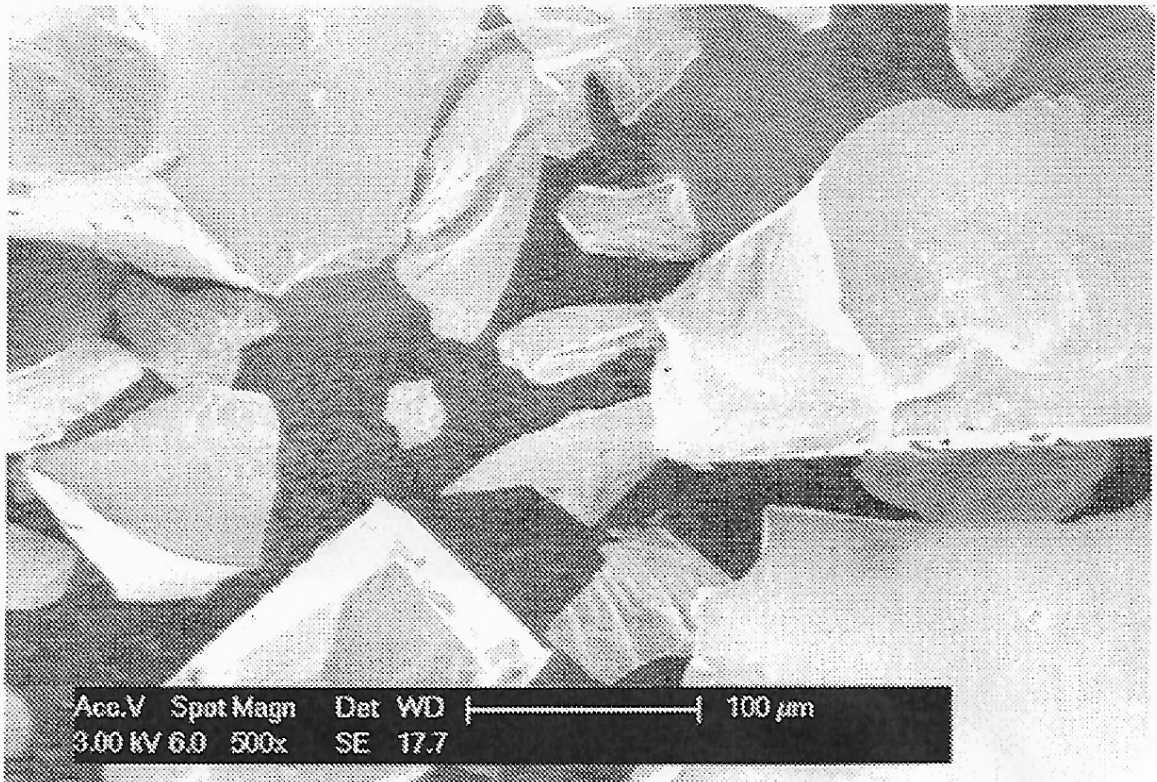


FIG. 13

(1) Vidrio reciclado 2

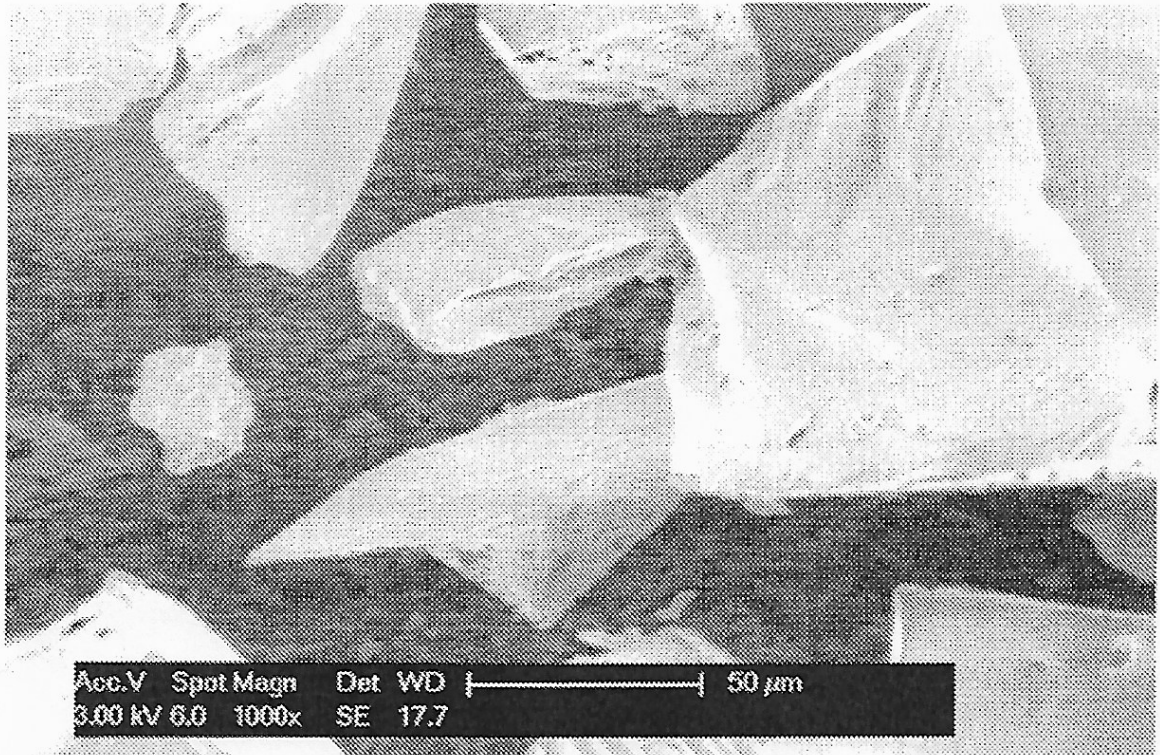


FIG. 14

(3) Roca volcánica (lava roja procesada)

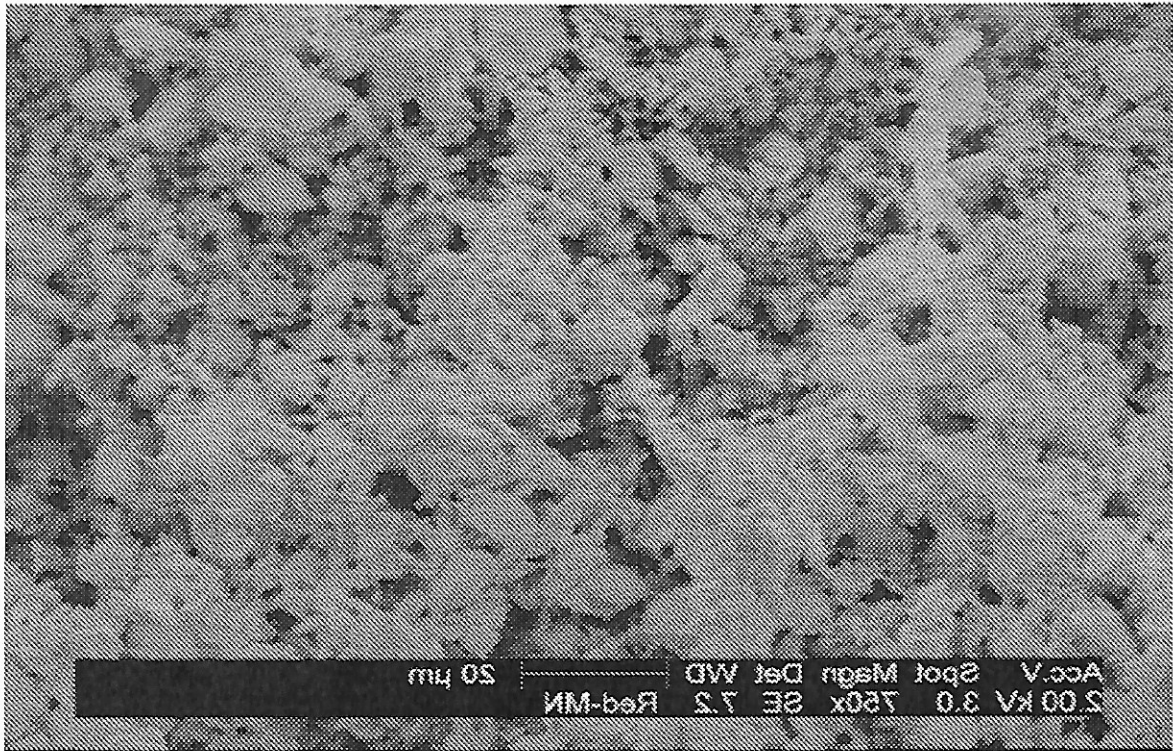


FIG. 15

(4) Las imágenes A, B y C son partículas de Arena que tienen la capacidad de fracturarse, lo que produce características superficiales apropiadas para partículas de mezcla cinética de la capa límite.

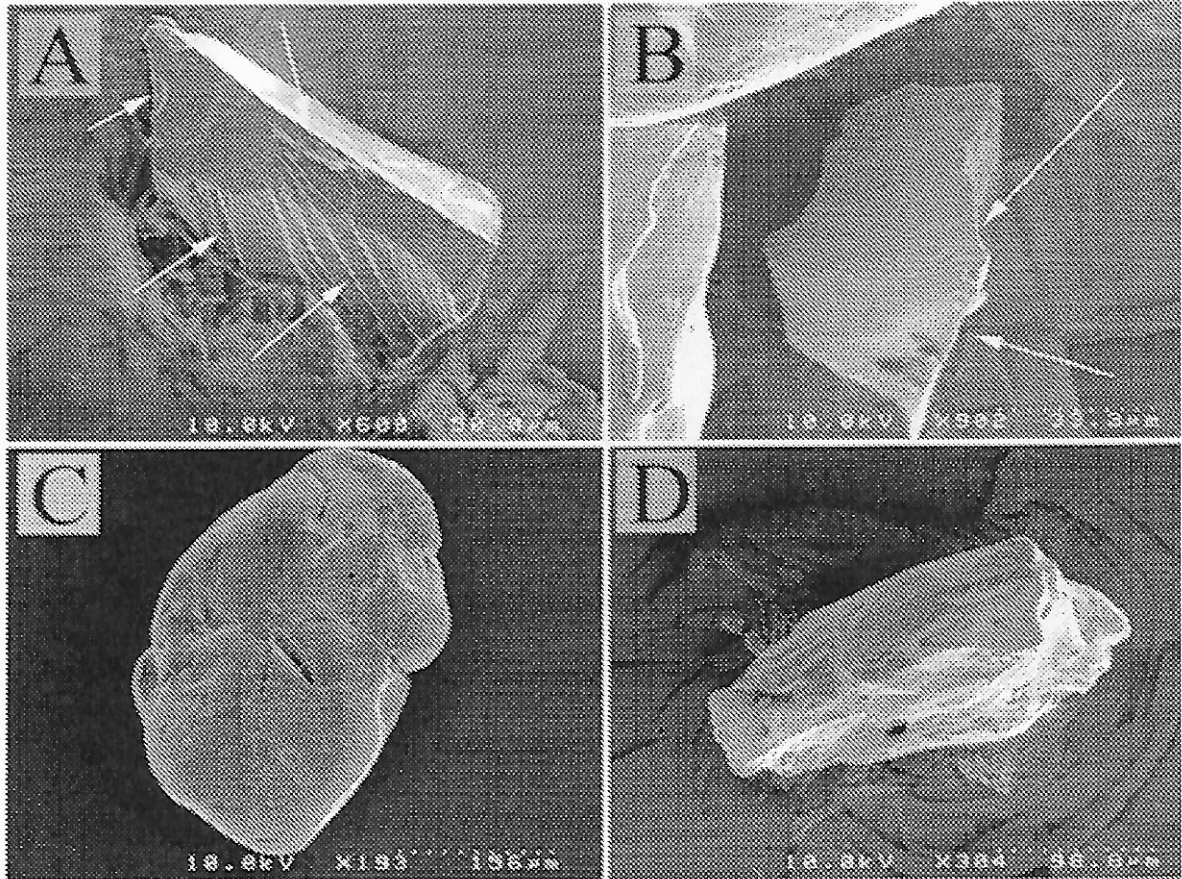


FIG. 16

(5) Zeolita Y, A y Silicato-1

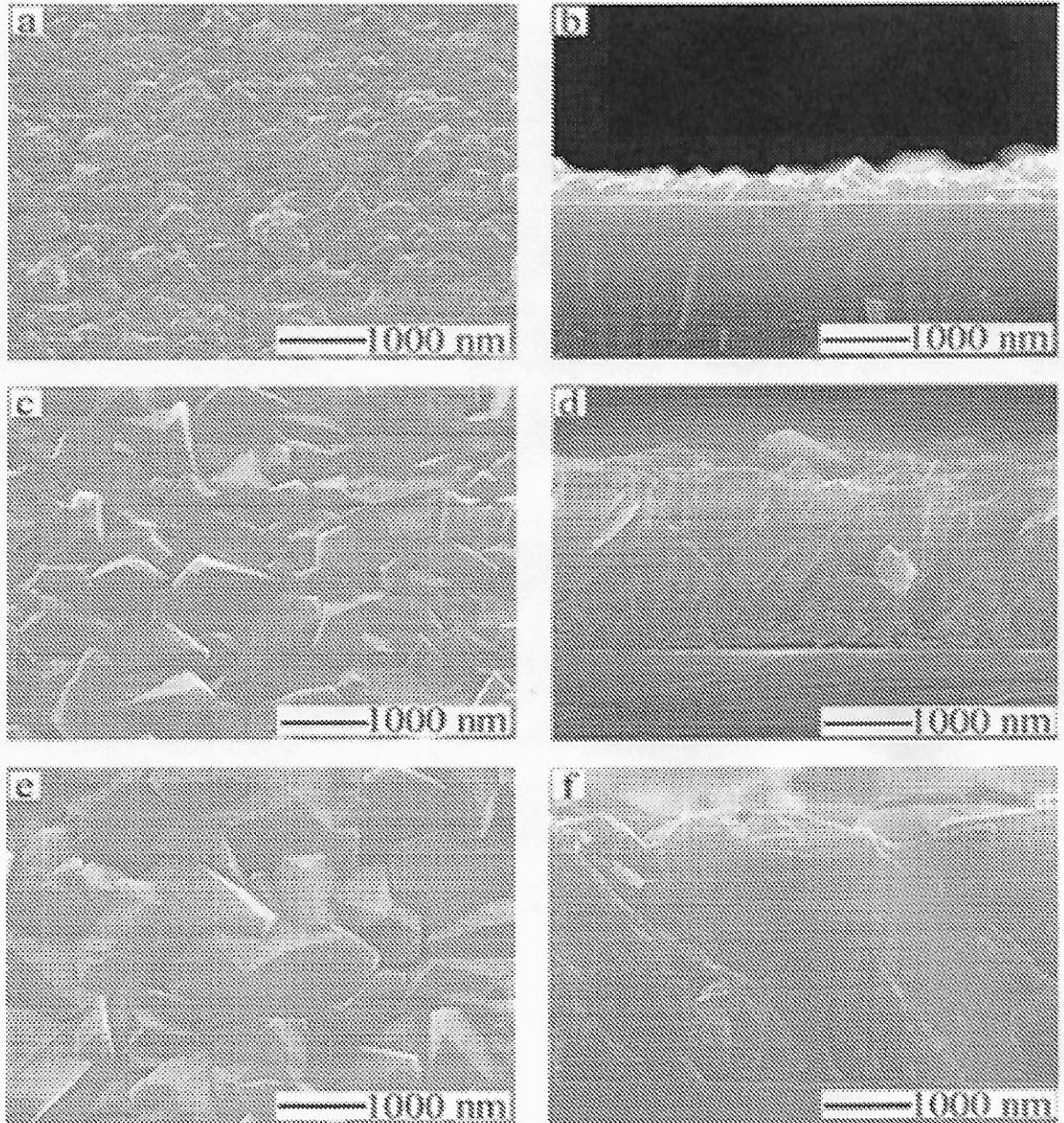


FIG. 17

(6) Hidroxiapatita fosfocálcica, fórmula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, forma parte de la familia cristalográfica de las apatitas, compuestos isomórficos con la misma estructura hexagonal. Este es el compuesto de fosfato de calcio más habitualmente usado para biomaterial. La hidroxiapatita se usa principalmente en el sector médico.

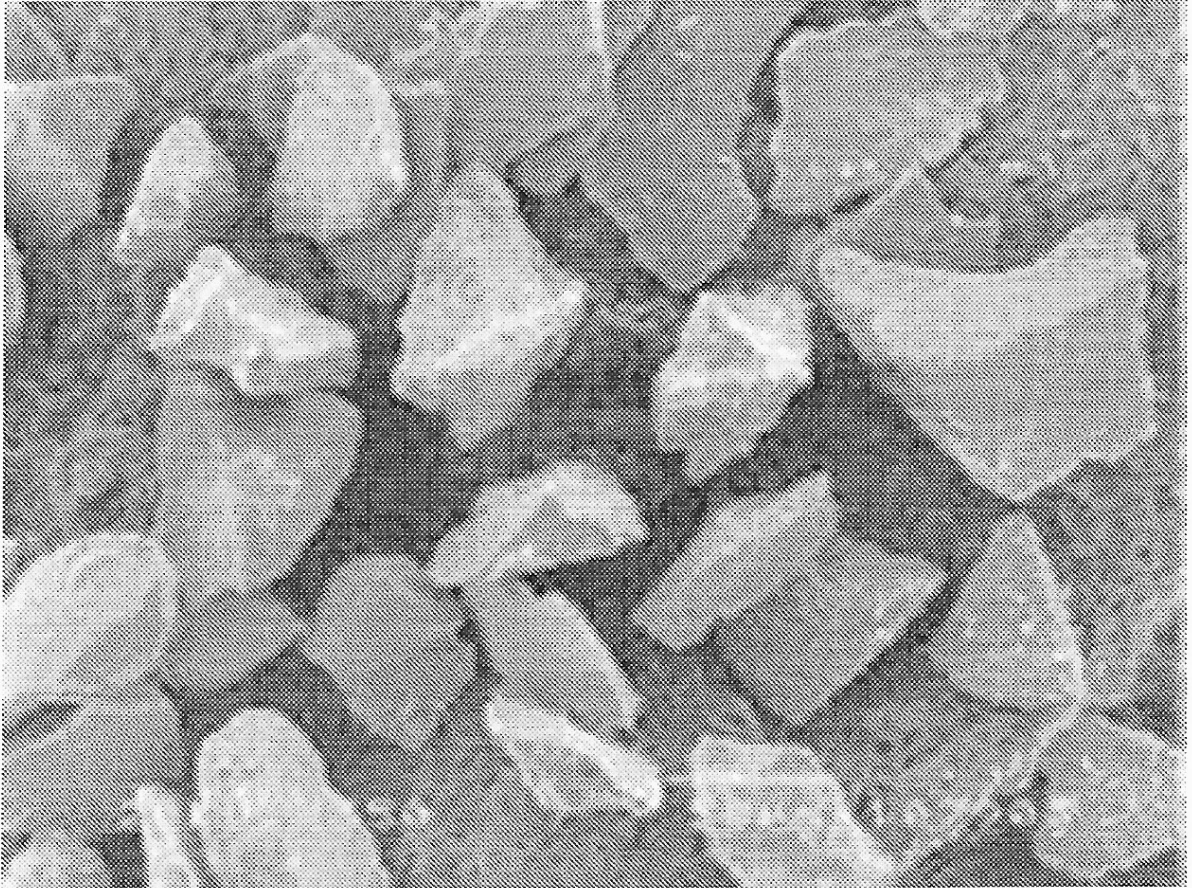
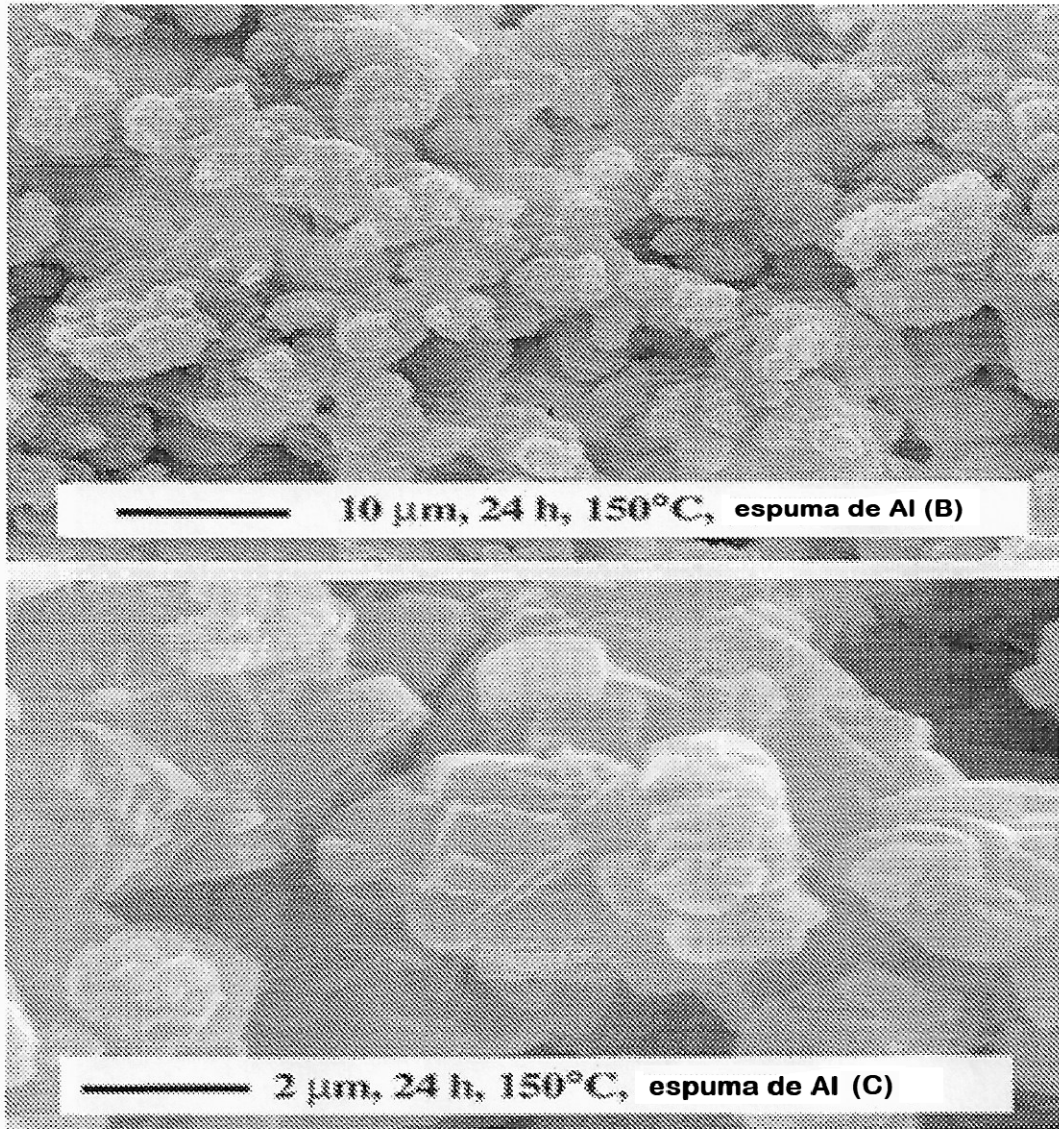


FIG. 18

PARTÍCULA CINÉTICA DE TIPO IV

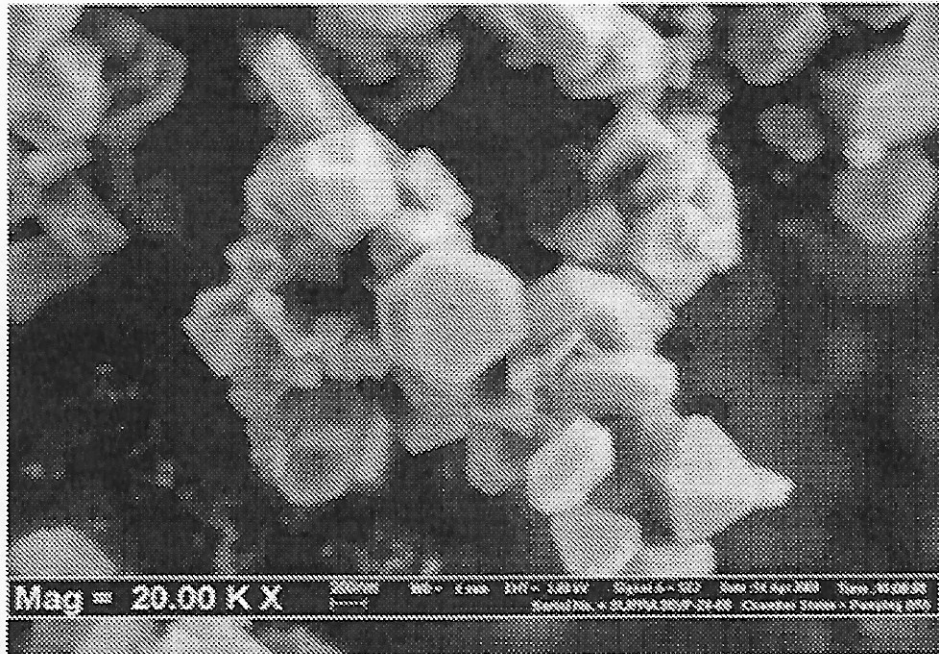
Algunos materiales aglomerantes sólidos tienen la capacidad de producir fracturación de la estructura del aglomerado para producir materiales uniformes únicos individuales que producen características superficiales para promover la mezcla cinética de la capa límite.

(1)

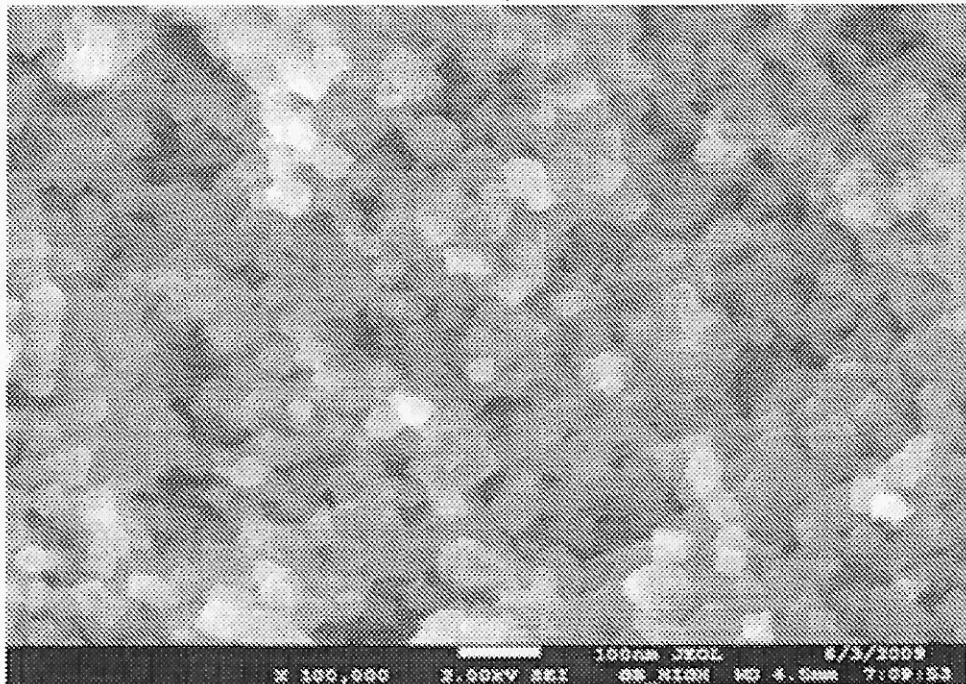


FIGS. 19A, 19B

(2)



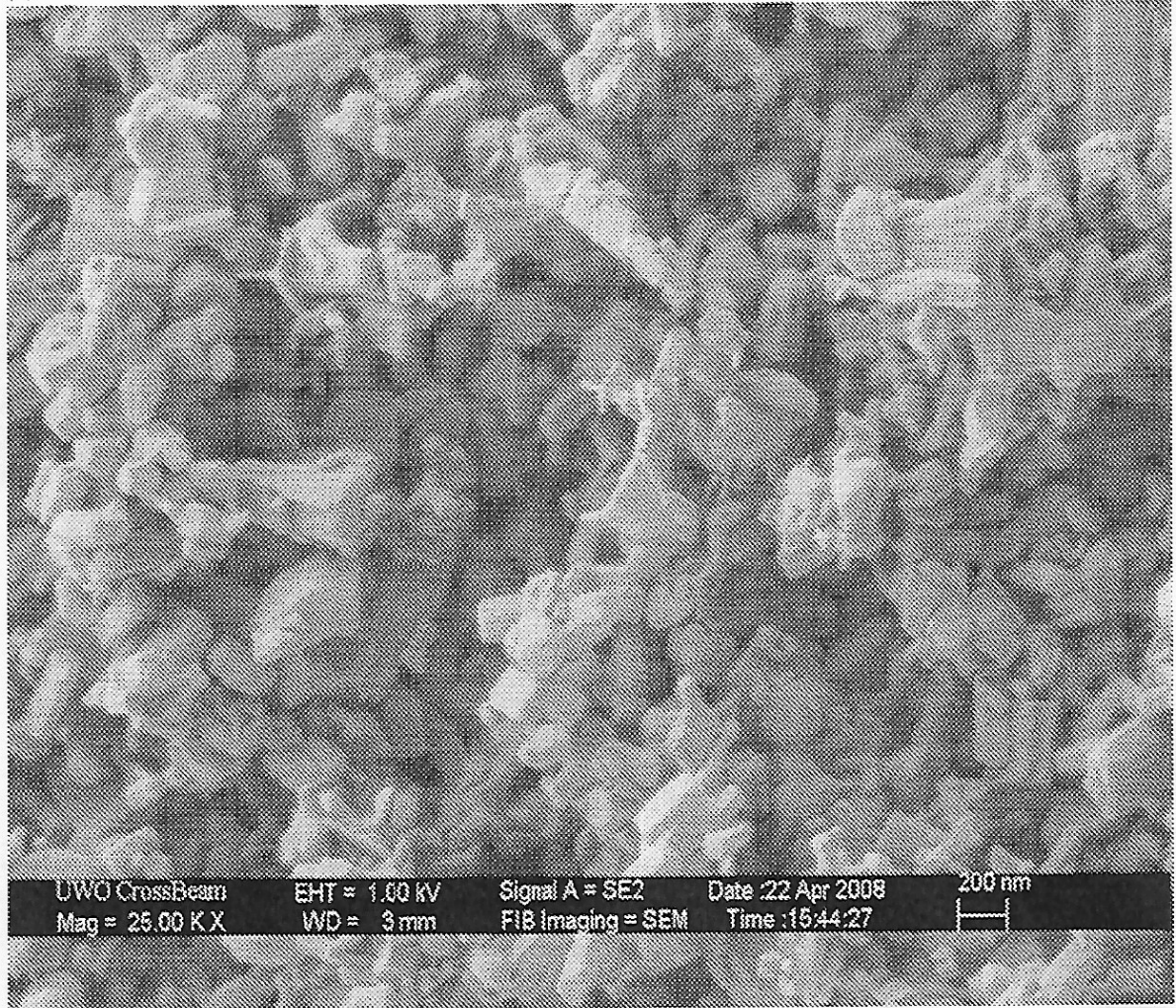
(a)



(b)

FIG. 20A, 20B

(3)



ZnO, 50~150 nm, Hidrófilo

FIG. 21

PARTÍCULA CINÉTICA DE TIPO V

Algunos materiales aglomerantes semiesféricos huecos o sólidos con morfología superficial agresiva (rugosidad, grupos, estriaciones y fibras similares a cabellos) promueven una adhesión excelente a la capa límite con la capacidad de rodar libremente, y pueden usarse en fluidos de viscosidad baja y materiales de cambio de fase (líquido a un gas y gas a un líquido). Poseen las características superficiales deseadas para promover la mezcla cinética de la capa límite.

(1)

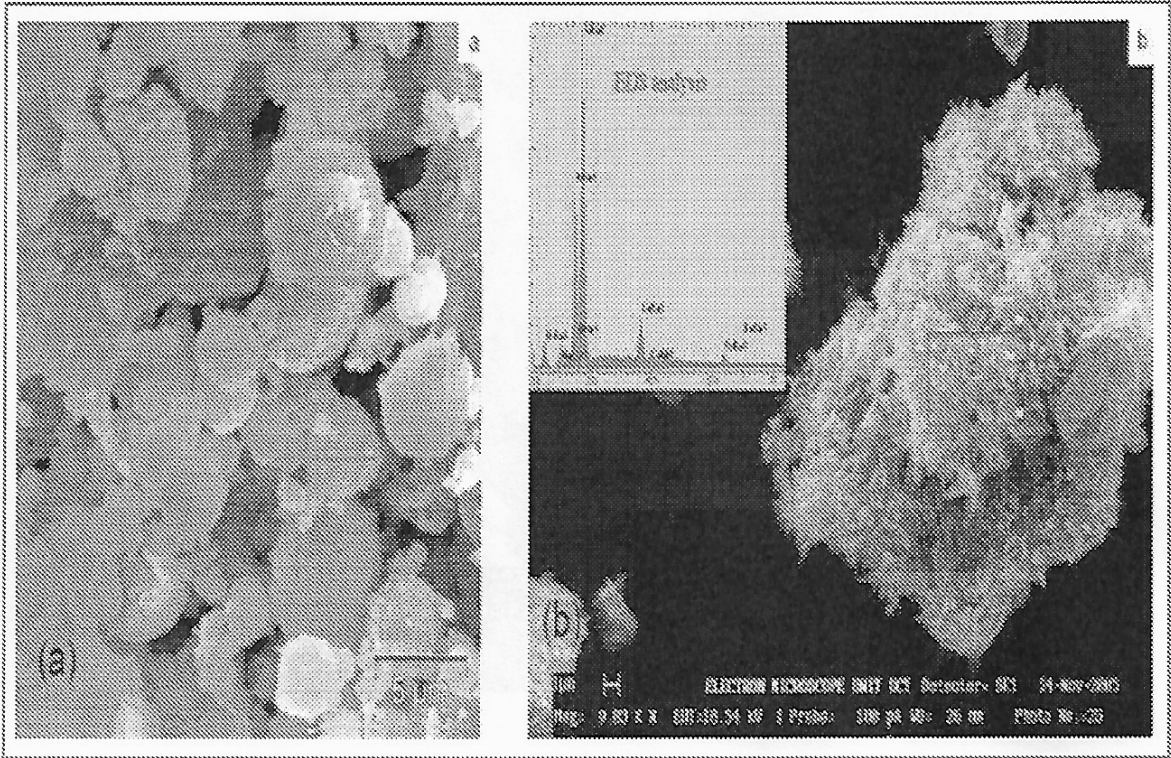


FIG. 22A

FIG. 22B

(2) Las esferas huecas de CoOOH nanoestructuradas son precursores versátiles para diversos óxidos de cobalto (p.ej. Co_3O_4 , LiCoO_2), y también poseen una actividad catalítica excelente

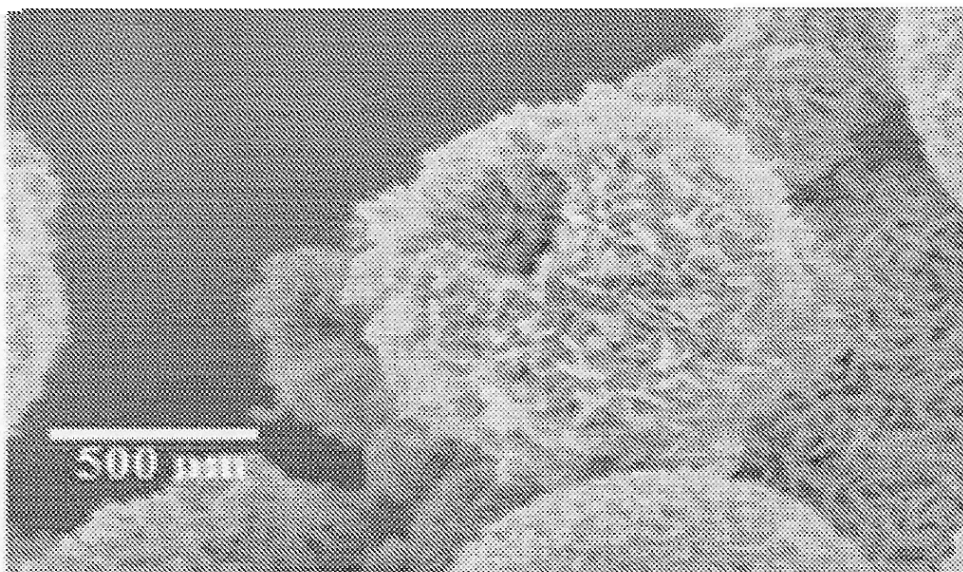


FIG. 23A

(3) El CuO es un importante óxido de metal de transición con un ancho de banda estrecho (p.ej. 1,2 eV). El CuO se ha usado como catalizador, sensor de gases, en materiales de ánodos para baterías de ión Li. El CuO se ha usado también para preparar superconductores de alta temperatura y materiales de magnetorresistencia

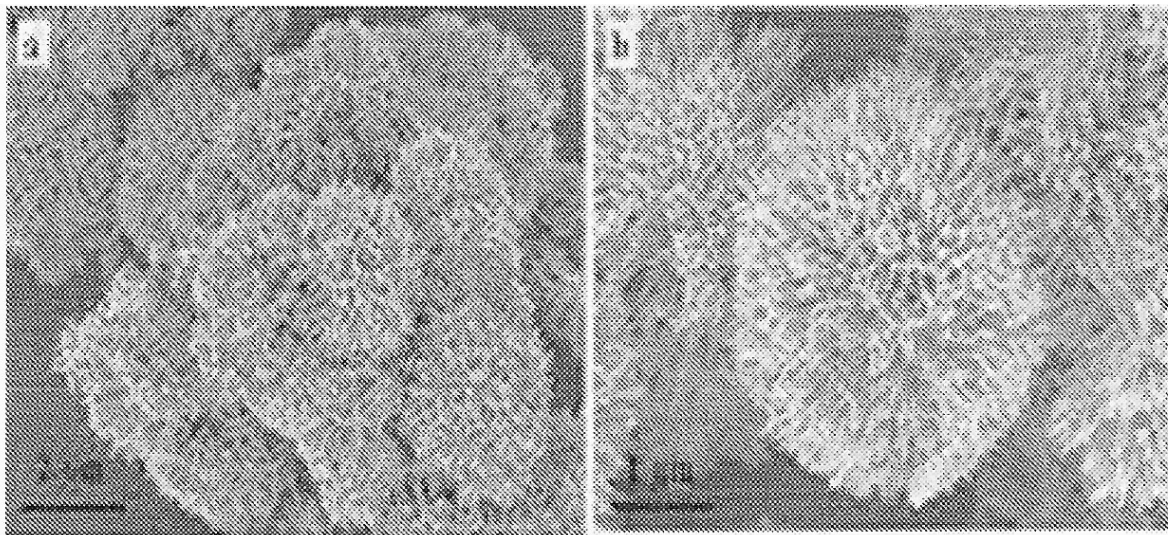


FIG. 23B

FIG. 23C

(4) La Figura C tiene esferas de superficie rugosa formadas naturalmente

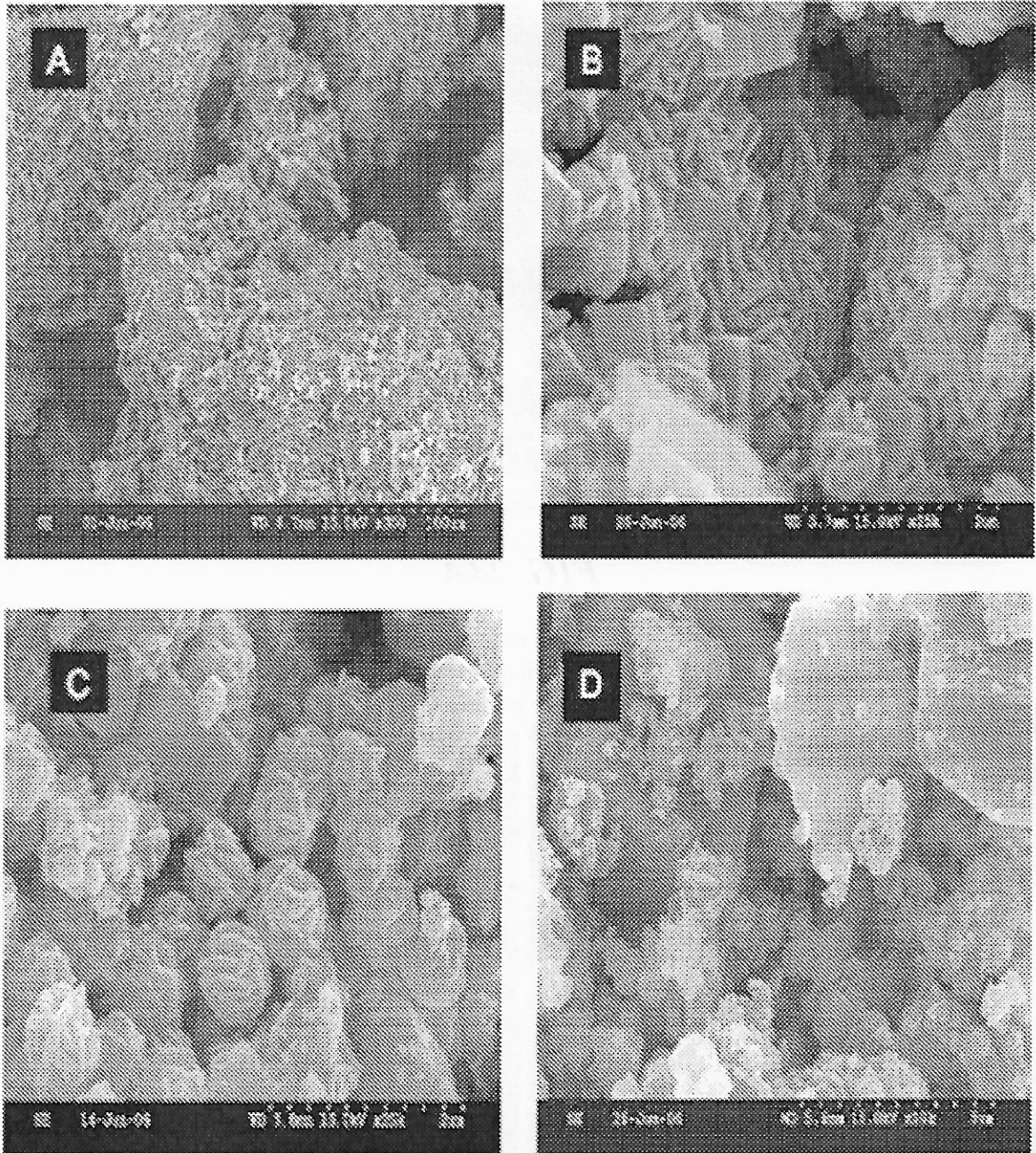


FIG. 24A, 24B, 24C, 24D

(5) nanoesferas de Al_2O_3 lisas uniformes de $2,5 \mu\text{m}$

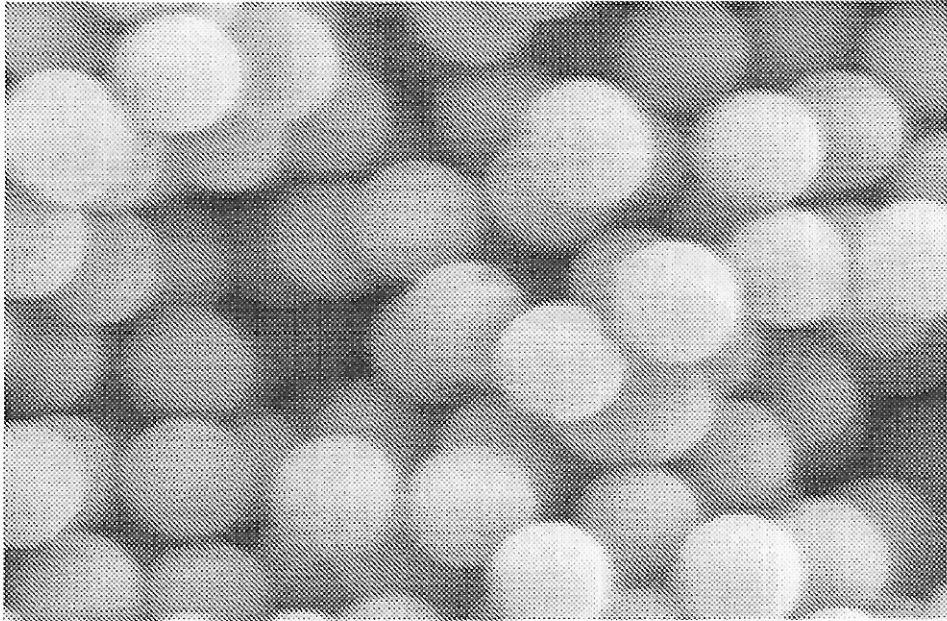


FIG. 25A

(6) nanoesferas de Al_2O_3 lisas uniformes de 635 nm (tienen fibras similares a cabellos en la superficie)

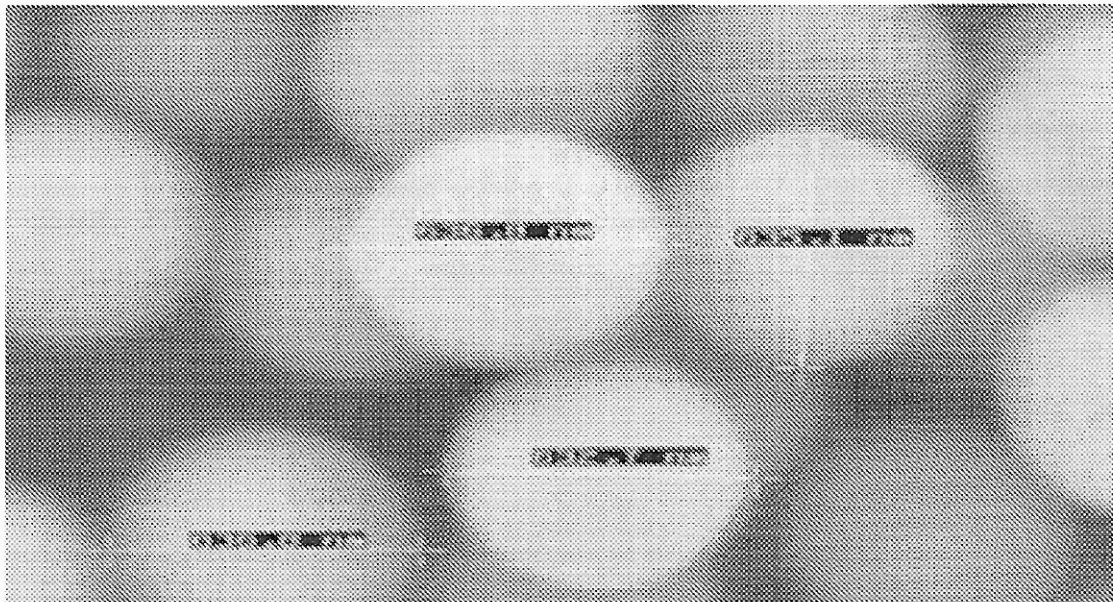
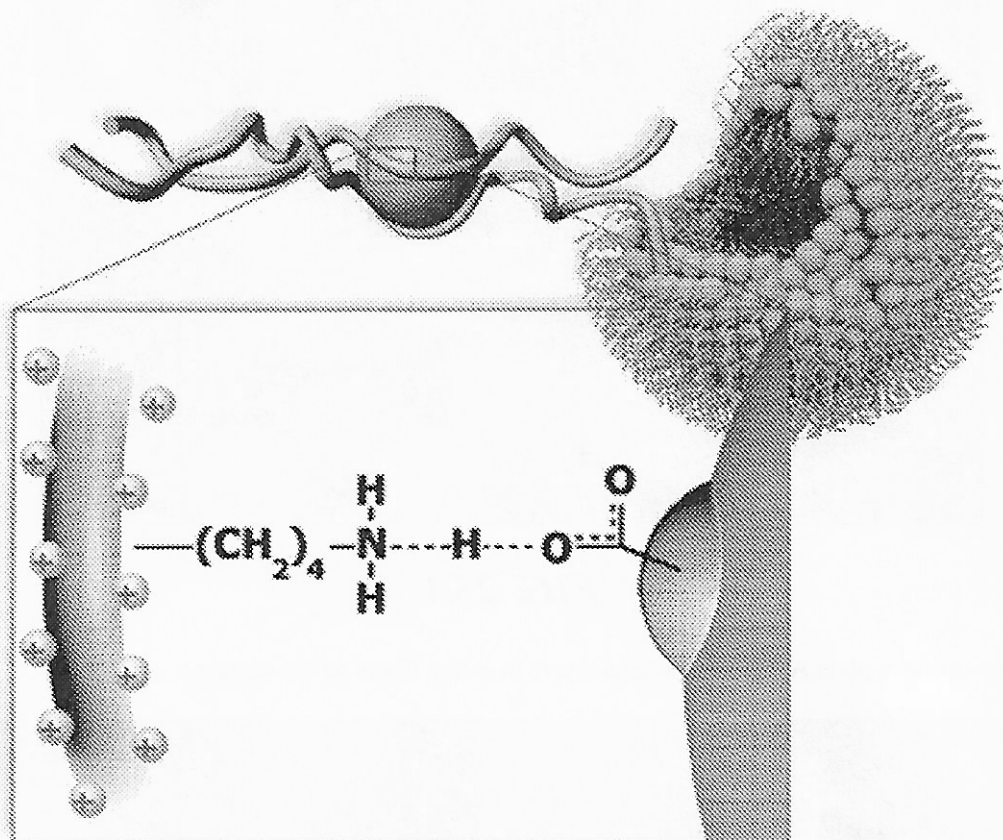


FIG. 25B

(7) Este modelo generado por ordenador muestra fibras similares a cabellos que promueven la adhesión de la capa límite de tal modo que las partículas de tamaño nanométrico permanecerán en contacto con la capa límite mientras ruedan a lo largo de ella produciendo mezcla cinética.



J. N. Cha, H. Birkedal, M. H. Bartl, M. S. Wong and G. D. Stucky, "Spontaneous Formation of Nanoparticle Vesicles from Homopolymer Polyelectrolytes," *J. Am. Chem. Soc.* 125, 8285-8289 (2003).
DOI: [10.1021/ja0279601](https://doi.org/10.1021/ja0279601)

FIG. 26

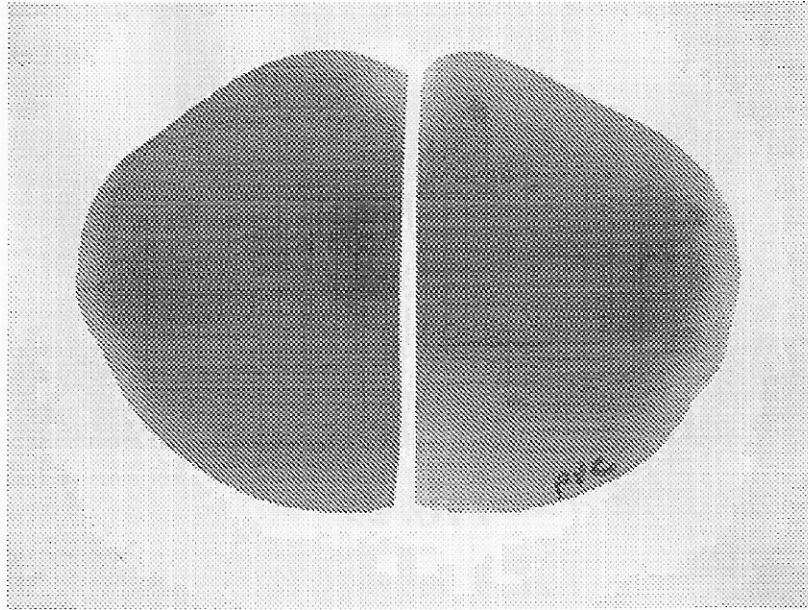


FIG. 27

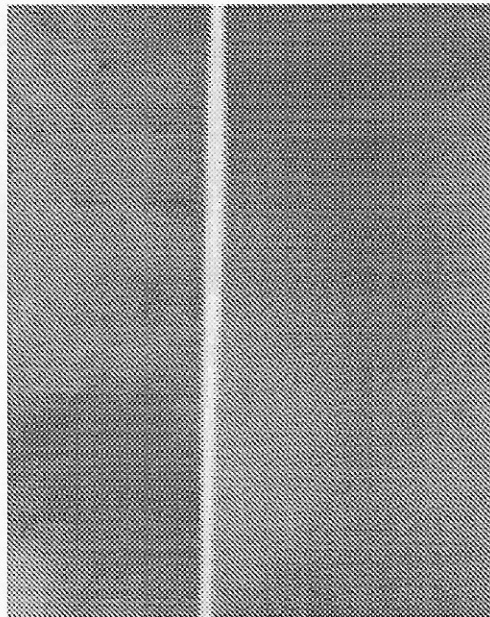


FIG. 28

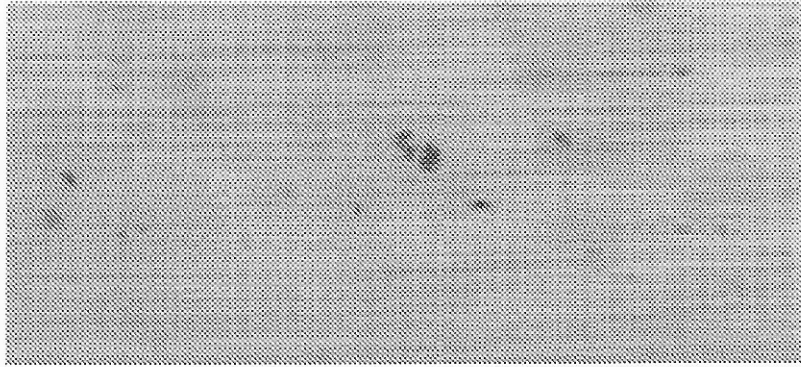


FIG. 29

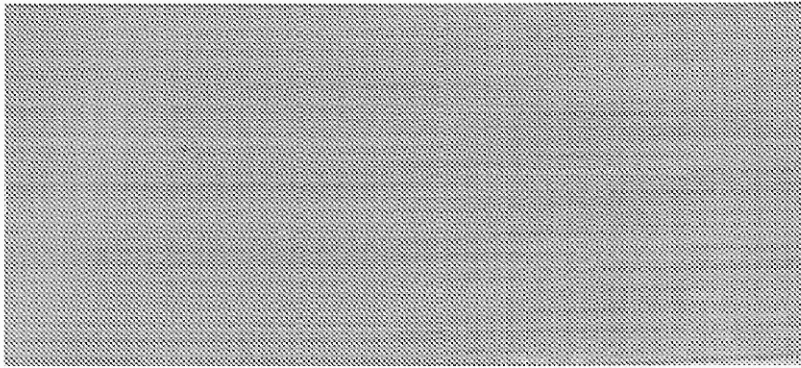


FIG. 30

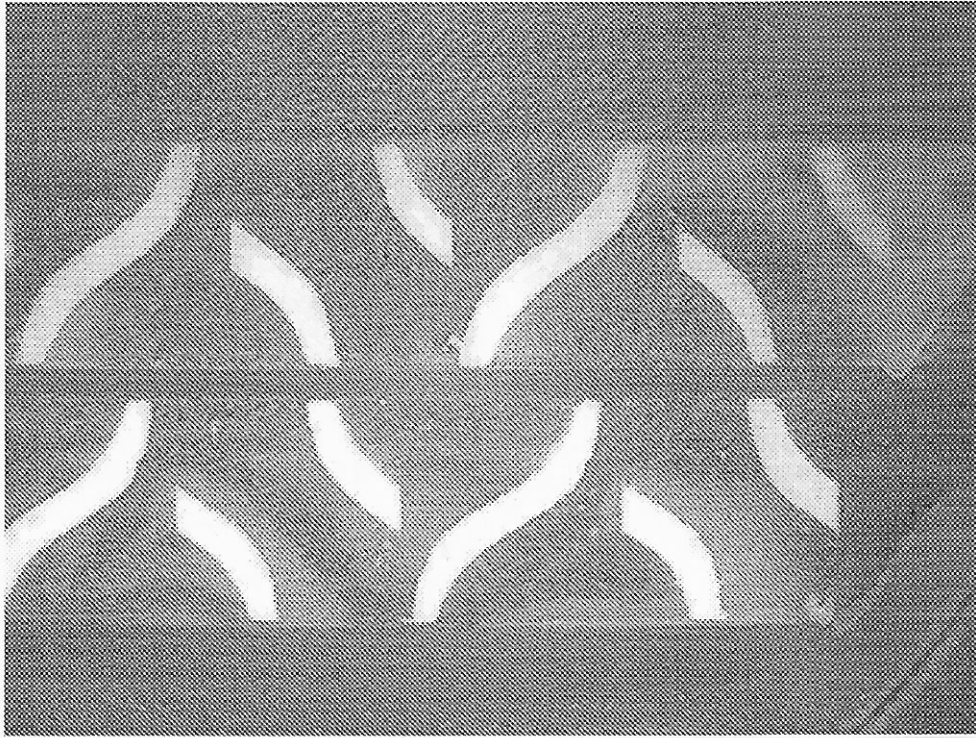
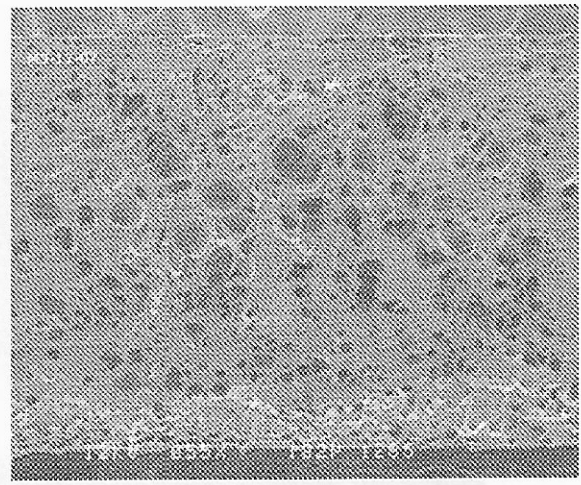
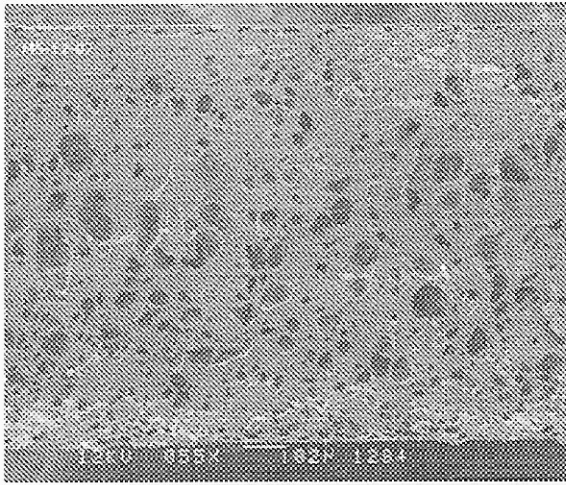


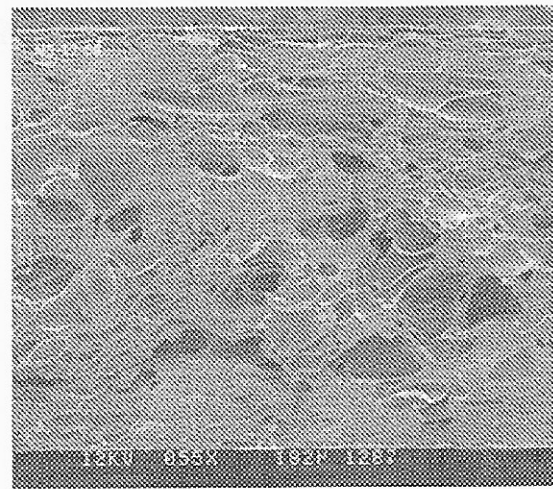
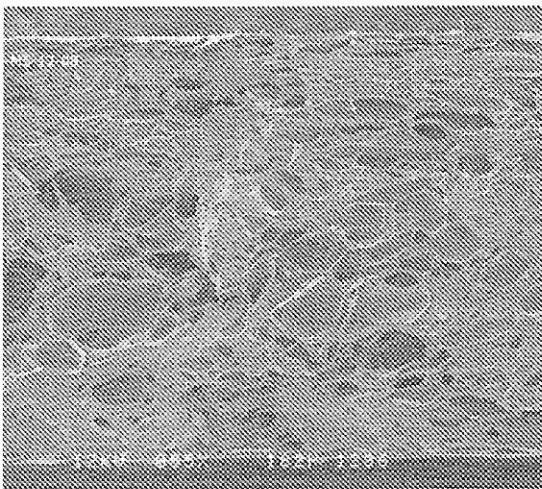
FIG. 31



Poliestireno de alto impacto HC 80634-HIPS
índice de fusión 8; 1,05% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,77 g/cc, 46 μ

FIG. 32A

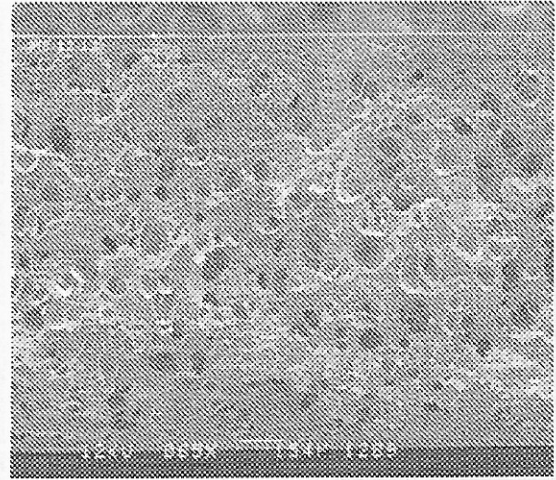
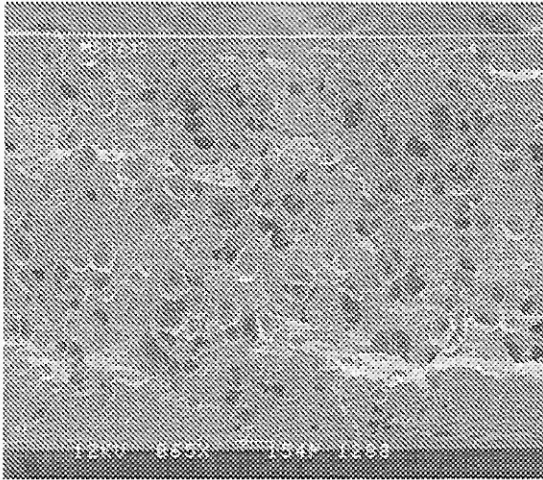
FIG. 32B



Poliestireno de alto impacto HC 80634-HIPS
índice de fusión 8; 0,35% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,74 g/cc, 217 μ

FIG. 32C

FIG. 32D



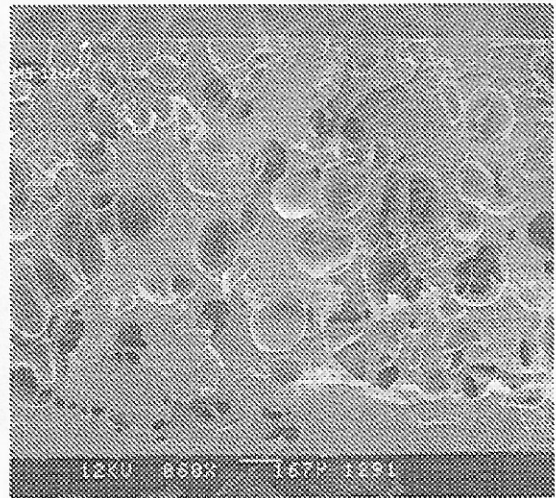
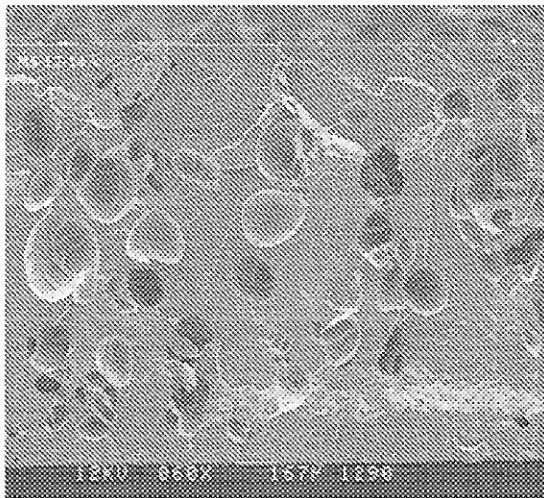
Polipropileno PC 90635-PP

índice de fusión 12; 1,2% en peso de partículas de mezcla cinética

P = 0,69 g/cc, 77 μ

FIG. 32E

FIG. 32F



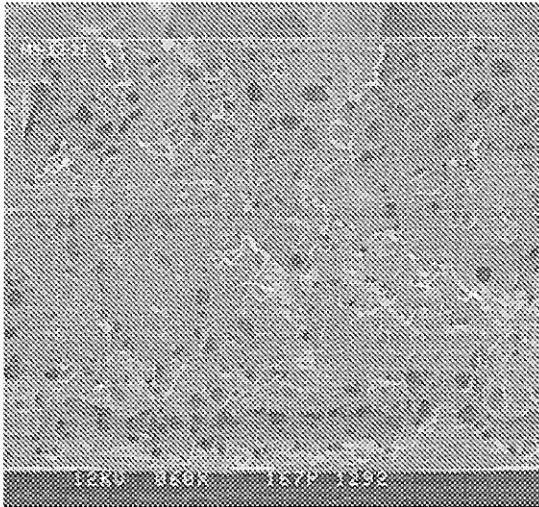
Polipropileno PC 90635-PP

índice de fusión 12; 0,40% en peso de partículas de mezcla cinética

P = 0,68 g/cc, 163 μ

FIG. 32G

FIG. 32H



Polipropileno PC 90635-PP
índice de fusión 12; 3,2% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,66 g/cc, 63µ

FIG. 32I

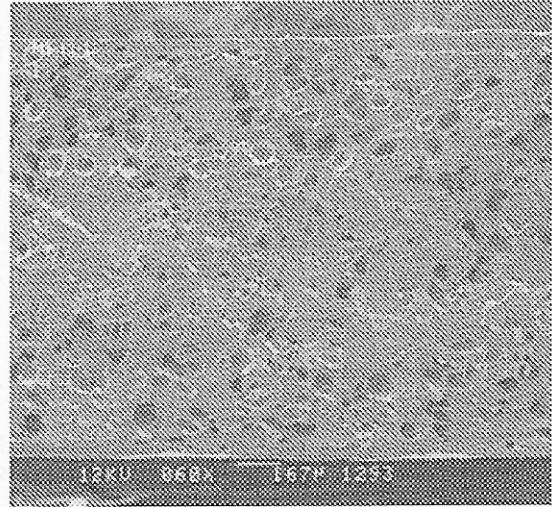
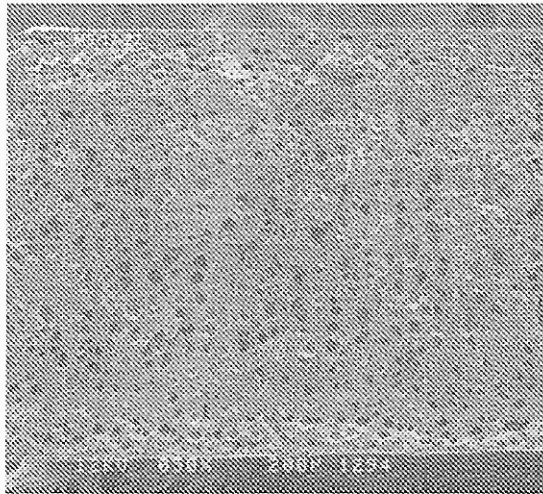


FIG. 32J



Polipropileno PC 90635-PP
índice de fusión 12; 4,8% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,65 g/cc, 45µ

FIG. 32K

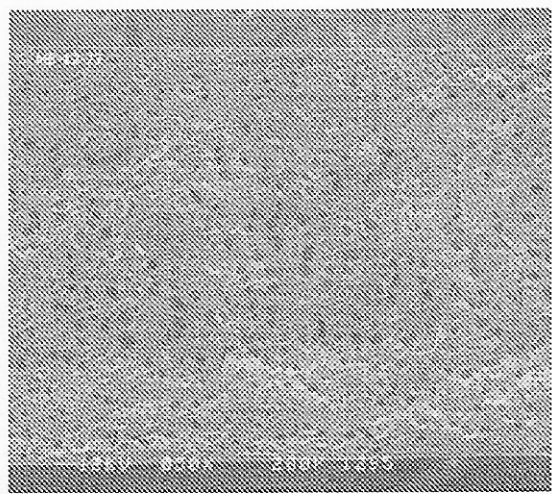
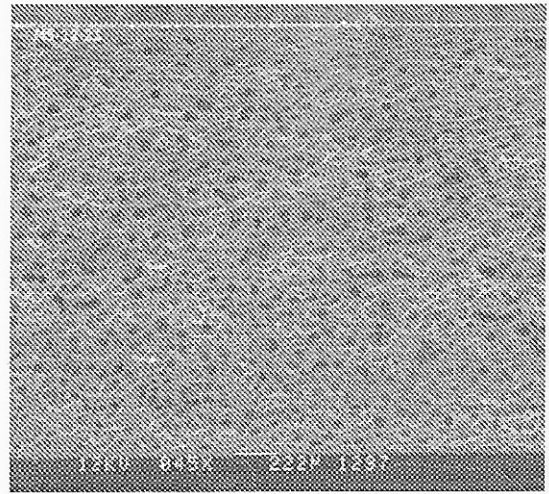
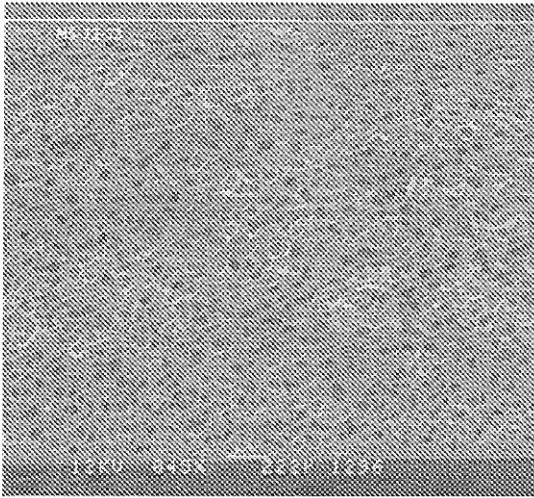


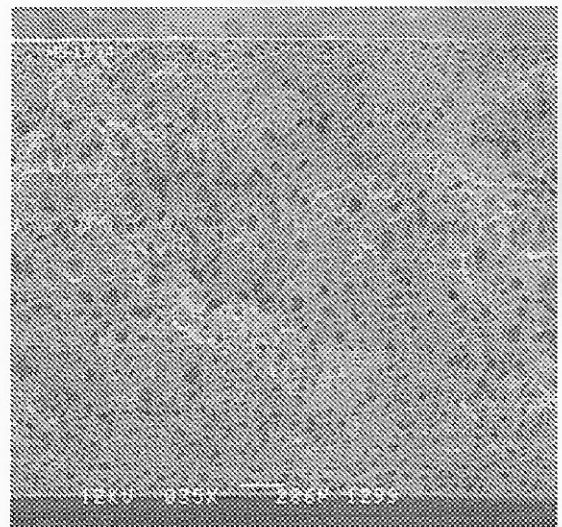
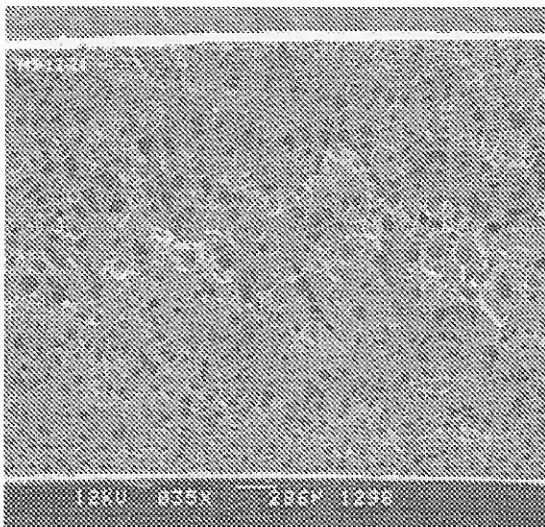
FIG. 32L



Polipropileno PC 90635-PP
índice de fusión 12; 2,0% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,65 g/cc, 63 μ

FIG. 32M

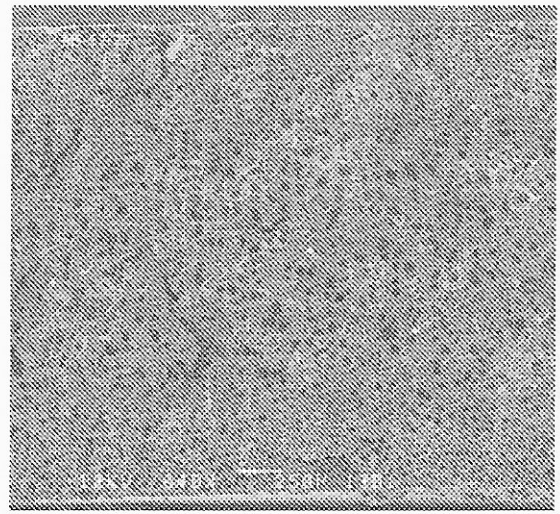
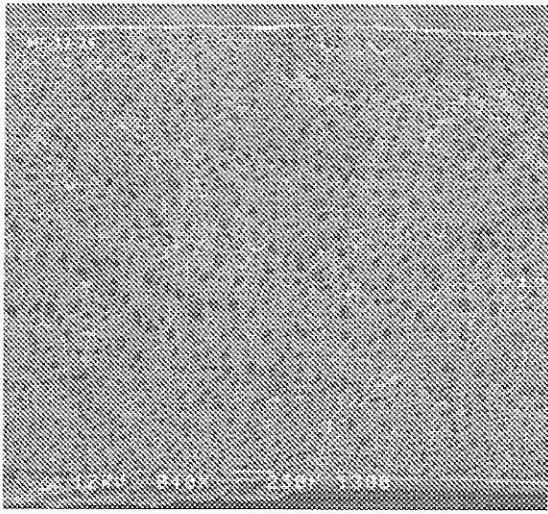
FIG. 32N



Poliestireno de alto impacto HC 80634-HIPS
índice de fusión 8; 1,75% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,70 g/cc, 42 μ

FIG. 32O

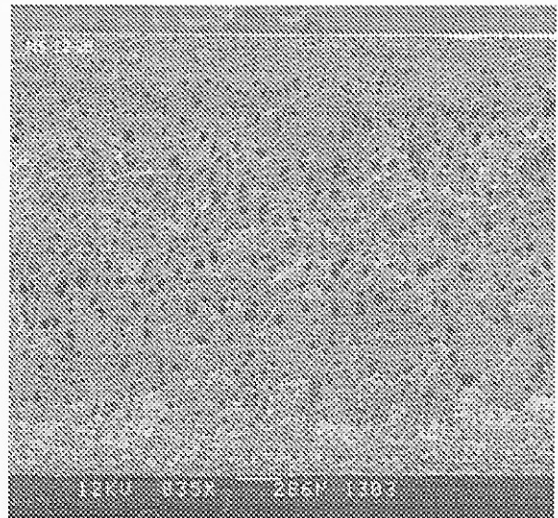
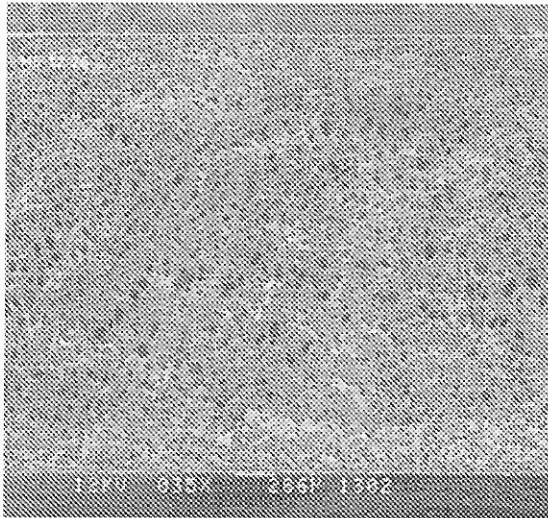
FIG. 32P



Poliestireno de alto impacto HC 80634-HIPS
índice de fusión 8; 2,80% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,70 g/cc, 85 μ

FIG. 32Q

FIG. 32R



Poliestireno de alto impacto HC 80634-HIPS
índice de fusión 8; 4,20% en peso de partículas de mezcla cinética
P = 0,69 g/cc, 54 μ

FIG. 32S

FIG. 32T

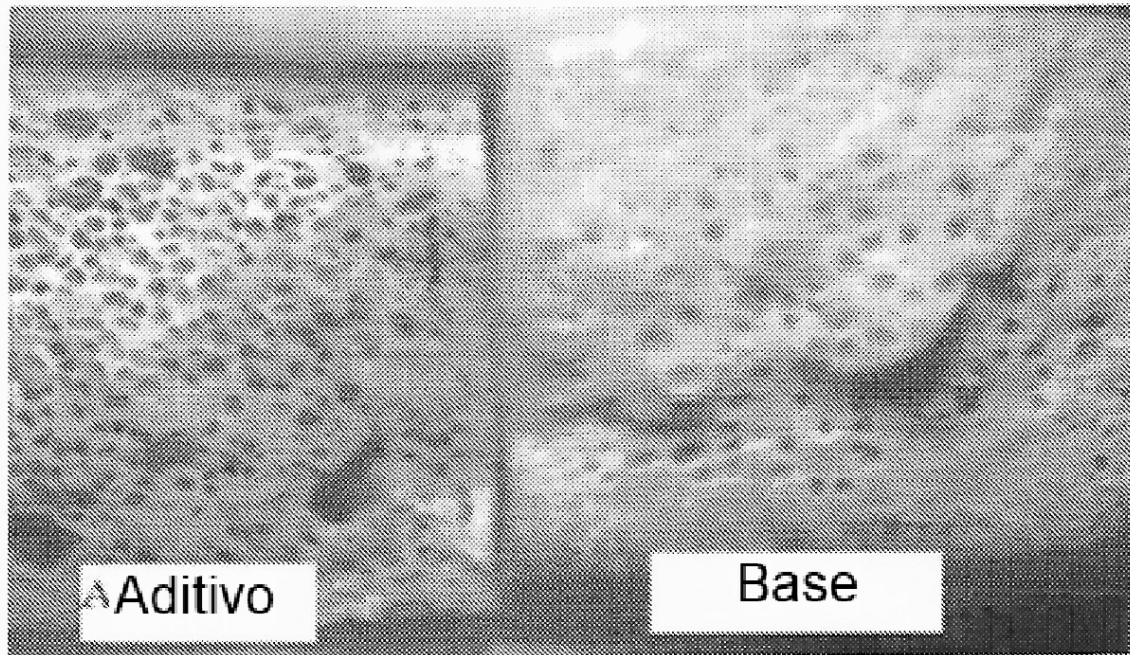


FIG. 33

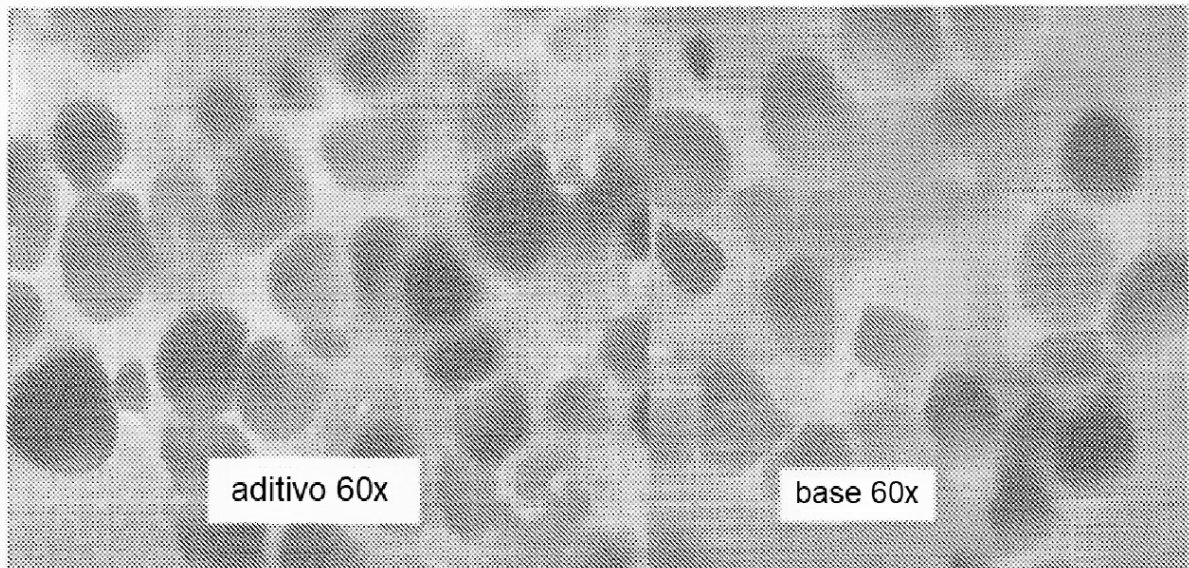


FIG. 34