



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



* B R P I O 9 0 9 4 4 9 B 1 *

(11) PI 0909449-0 B1

(22) Data do Depósito: 26/05/2009

(45) Data de Concessão: 27/08/2024

(54) Título: MÉTODO DE AUMENTAR FLUXO ATRAVÉS DE UM EQUIPAMENTO

(51) Int.Cl.: C08J 3/20; C08K 7/00; B29C 47/00.

(30) Prioridade Unionista: 26/03/2008 US 61/070876.

(73) Titular(es): ECOPURO, LLC.

(72) Inventor(es): WILLIAM L. JOHNSON SR.

(86) Pedido PCT: PCT US2009045180 de 26/05/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/132361 de 29/10/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 27/09/2010

(57) Resumo: COMPOSIÇÃO E MÉTODOS DE EXTRUDAR UM FLUIDO E DE AUMENTAR FLUXO ATRAVÉS DE UM MEMBRO DE UM FLUIDO Uma composição compreende um fluido e um material disperso no fluido, o material composto de partículas tendo uma superfície tipo lâmina aguda, as partículas tendo uma razão de aspecto maior que 0,7 para promover mistura de camada limite cinética em uma zona de viscosidade não linear. A composição pode ainda incluir um aditivo disperso no fluido. O fluido pode ser um material de termopolímero. Um método de extrudar o fluido inclui alimentar o fluido em uma extrusora, alimentar aditivos na extrusora, alimentar um material na extrusora, passar o material através de uma zona de mistura na extrusora para dispersar o material dentro do fluido em que o material migra para uma camada limite do fluido para promover mistura cinética dos aditivos dentro do fluido, a mistura cinética ocorrendo em uma zona de viscosidade não linear.

MÉTODO DE AUMENTAR FLUXO ATRAVÉS DE UM EQUIPAMENTO CAMPO DA INVENÇÃO

Uma composição para promover mistura cinética de aditivos dentro de uma zona de viscosidade não linear de um fluido tal como um material termoplástico.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Um processo de extrusão é um dos métodos mais econômicos de fabricação para produzir materiais estruturas de engenharia. Tipicamente, um processo de extrusão é usado para fabricar extensões de membros extrusados tendo uma seção transversal uniforme. A seção transversal dos membros pode ser de várias formas simples, tais como a circular, anular ou retangular. A seção transversal dos membros pode ser muito complexa, incluindo estruturas de suporte interno e/ou tendo uma periferia irregular.

Tipicamente, um processo de extrusão utiliza compostos poliméricos termoplásticos que são introduzidos em um alimentador. Os compostos poliméricos termoplásticos podem ser em pó, líquido, em cubos, pelotizados e/ou em qualquer outra forma extrusável. O polímero termoplástico pode ser virgem, reciclado, ou uma mistura de ambos. Um exemplo de uma extrusora típica é mostrado na Figura 1.

A indústria de plásticos tem usado enchedores para reduzir os custos da resina durante a fabricação. Enchedores típicos incluem o carbonato de cálcio, o talco, fibra de madeira, e uma variedade de outros. Além de prover uma economia dos custos, a adição de enchedores aos plásticos reduz o coeficiente de expansão térmica, aumenta a resistência mecânica e, em alguns casos, reduz a densidade.

O carbonato de cálcio e o talco não têm nenhuma resistência estrutural ou orientação de fibras para melhorar a estabilidade estrutura. O talco é ligado pelas fracas forças de Van der Waal, as quais permitem que o material clive cada vez mais quando a pressão é aplicada à sua superfície.

Mesmo que os resultados de teste indiquem que o talco comunica uma variedade de vantagens ao polipropileno, por exemplo, a rigidez mais elevada e a estabilidade dimensional melhorada, o talco atua como um microenchedor com propriedades lubrificantes.

5 O carbonato de cálcio tem propriedades semelhantes, mas tem um problema de absorção de água, o qual limita sua aplicação por causa da degradação ambiental. O talco evita este problema, tendo em vista que ele é hidrofóbico.

10 A fibra de madeira acrescenta alguma estabilidade dimensional, por causa das características da fibra de interação com o plástico, mas a fibra de madeira também sofre da degradação ambiental. Todos três destes enchedores comuns são economicamente exequíveis, mas são estruturalmente limitados.

15 A indústria de plásticos se tem empenhado no sentido de melhorar a resistência a riscos e/ou a desfigurações e a aparência estética por várias décadas. Muitos melhoramentos foram feitos durante a última década para aumentar a resistência aos riscos e às desfigurações, mas a tecnologia ausente ainda frustra a indústria de plásticos e os seus cientistas. Um desafio é
20 como produzir plástico mais duro e manter o custo sem prejudicar a aparência estética. O Requerente está ciente de que nenhum enchedor econômico de reforço estrutural que trate das questões de aumentar a resistência aos riscos e às desfigurações, não obstante os esforços das pesquisas se tenham focalizado sobre as fibras residuais das fazendas, tais como as cascas do arroz, a fibra da cana de açúcar, a palha do trigo e uma variedade de outros enchedores a
25 serem usados como enchedores estruturais de baixo custo dentro dos plásticos. Uma explanação diz respeito ao afastamento da tecnologia de enchedores estruturais para reforçar as propriedades físicas com uma focalização no custo, ao invés da focalização sobre a integridade dos plásticos.

Existem três tipos de princípios de mistura comumente usados relacionados à adição dos enchedores aos plásticos:

1. Mistura estática: líquidos fluindo ao redor de objetos fixos ou fluxo produzido pela força mediante pressão através de dispositivos mecânicos ou fluxo induzido pela gravidade.

2. Mistura dinâmica: mistura líquida induzida por agitação mecânica com impulsores típicos tanto de configuração de lâmina quanto de curvatura, bem como agitação de rosca dupla ou única.

3. Mistura cinética: o líquido é misturado por impactos de velocidade sobre uma superfície ou impactos de dois ou mais líquidos que se chocam entre si.

Todos os três métodos de mistura acima têm algo em comum que impede a otimização da mistura, não obstante o fluido seja combinado e não obstante os materiais que estejam sendo misturados sejam polares, não polares, orgânicos ou inorgânicos etc., ou se forem materiais enchedores compressíveis ou não compressíveis.

Todos os fluidos não compressíveis têm um efeito de parede ou um efeito de camada limite em que a velocidade do fluido é muito reduzida na parede ou na interface mecânica. Os sistemas de mistura estática usam esta camada limite para reduplicar ou misturar o líquido com o uso desta força resistiva para promover a agitação.

A mistura dinâmica, a despeito da geometria de lâminas ou turbina de mistura, acaba em zonas mortas e mistura incompleta por causa da camada-limite. A mistura dinâmica usa alto cisalhamento e uma lâmina de rosca projetada para usar a camada-limite para promover o atrito e a compressão pelas forças centrífugas para realizar a agitação ao mesmo tempo em que mantém uma camada-limite mista incompleta sobre as superfícies mecânicas.

A mistura cinética padece dos efeitos da camada-limite sobre

os perfis de velocidade, tanto sobre as correntes de entrada quanto na ponta do injetor. Entretanto, este sistema padece de efeitos mínimos da camada-limite, exceto quanto ao transporte dos fenômenos fluidos.

5 Outra explicação da camada-limite é dada a seguir. As forças aerodinâmicas dependem de um meio complexo sobre a viscosidade do fluido. Quando o fluido se movimenta passando o objeto, as moléculas, logo ao passar à superfície, a ela se fixam. As moléculas logo acima da superfície são reduzidas em suas colisões com as moléculas que se fixam à superfície. Estas moléculas, por sua vez, reduzem o fluxo logo acima delas. O outro s
10 move para fora da superfície, quanto mais baixa a colisão afetada pela superfície objeto. Isto cria uma camada fina de fluido perto da superfície na qual a velocidade muda de zero na superfície para o valor da corrente livre fora da superfície. Os engenheiros chamam a esta camada de camada-limite, porque ela ocorre sobre o limite do fluido.

15 Quando um objeto se move através de um fluido, ou quando um fluido se move passando um objeto, as moléculas do fluido perto do objeto são perturbadas e se movimentam ao redor do objeto. Forças aerodinâmicas são geradas entre o fluido e o objeto. A grandeza destas forças depende da conformação do objeto, da velocidade do objeto, da massa do
20 fluido que flui pelo objeto, e de duas outras importantes propriedades do fluido: a viscosidade ou a aderência, e a compressibilidade ou a elasticidade, do fluido. Para apropriadamente modelar estes efeitos, os engenheiros aeroespaciais usam parâmetros de similaridade que são as relações destes
25 efeitos para outras forças presentes no problema. Se duas experiências tiverem os mesmos valores para os parâmetros de similaridade, então a importância relativa das forças estará sendo corretamente modelada.

A Figura 2A a variação da velocidade em corrente, da corrente livre para a superfície. Na realidade, os efeitos são tridimensionais. Da conservação da massa em três dimensões, uma mudança na velocidade na

direção da corrente causa uma mudança na velocidade nas outras direções também. Existe um pequeno componente da velocidade perpendicular à superfície, que desloca ou move o fluxo acima dele. Pode-se definir a espessura da camada-limite como sendo a quantidade deste deslocamento. A

5 espessura do deslocamento depende do número de Reynolds, o qual é a relação das forças de inércia (resistentes à mudança ou movimento) para as forças viscosas (pesadas e glutinosas) e dado pela equação: número de Reynolds (Re) é igual à velocidade (V) vezes a densidade (ρ) vezes um comprimento característico (l) dividido pelo coeficiente de viscosidade (μ),

10 isto é, $Re = V * \rho * l / \mu$.

Como se pode observar na Figura 2A, as camadas-limites podem ser ou laminares (em camadas) ou turbulentas (desordenadas), dependendo do valor do número de Reynolds. Para os números de Reynolds mais baixos, a camada-limite é laminar e a velocidade da corrente muda

15 uniformemente quando se movimenta para fora da parede, como mostrado no lado esquerdo da Figura 2A. Para números de Reynolds mais elevados, a camada-limite é turbulenta e a velocidade da corrente é caracterizada pelo fluxo de turbilhonamento inconstante (mudando com o tempo) dentro da camada-limite. O fluxo externo reage à borda da camada-limite justamente

20 como ele deve fazer quanto à superfície física de um objeto. Assim, a camada-limite fornece a qualquer objeto uma conformação “efetiva” que comumente é levemente diferente da conformação física. A camada-limite pode lançar-se ou “separar-se” do corpo e criar uma conformação efetiva muito diferente da conformação física. Isto acontece porque o fluxo no limite

25 tem muito baixa energia (em relação à corrente livre) e é mais facilmente conduzida pelas mudanças na pressão. A separação do fluxo é a razão para a falta de sustentação do avião em ângulo de ataque elevado. Os efeitos da camada-limite sobre a sustentação acham-se contidos no coeficiente de sustentação e os efeitos sobre a resistência ao avanço acham-se contidos no

coeficiente de resistência ao avanço.

Fluxo da camada-limite

Essa porção de um fluxo fluido, próximo a uma superfície sólida, é onde as tensões de cisalhamento são significativas e a suposição do fluxo ideal pode não ser usada. Todas as superfícies sólidas interagem com um fluxo de fluido viscoso por causa da condição não deslizante, uma exigência física de que o fluido e o sólido tenham velocidades iguais em sua interface. Assim, um fluxo de fluido é retardado por uma superfície sólida fixa, e uma camada-limite finita de lento movimento é formada. Uma exigência para que a camada-limite seja fina é que o número de Reynolds do corpo seja grande, 10^3 ou mais. Sob estas condições, o fluxo fora da camada-limite é essencialmente fluido e desempenha um papel de um mecanismo propulsor quanto à camada.

Com referência agora à Figura 2B, uma camada-limite típica de baixa velocidade ou laminar é mostrada na ilustração. Uma tal apresentação da variação do vetor de fluxo como corrente perto da parede é denominada de um perfil da velocidade. A condição não deslizante requer que $u(x, 0) = 0$, como mostrado, em que u é a velocidade do fluxo na camada-limite. A velocidade se eleva monotonicamente com a distância y da parede, finalmente intercalando-se suavemente com a velocidade da corrente externa (não viscosa) $U(x)$. Em qualquer ponto na camada-limite, o estresse de cisalhamento fluido $\tau\sigma\mu$ é proporcional ao gradiente da velocidade local, presumindo um fluido newtoniano. O valor do estresse de cisalhamento na parede é o mais importante, uma vez que ele diz respeito não apenas à resistência ao avanço do corpo, mas também, frequentemente, à sua transferência de calor. Na borda da camada-limite, $\tau\sigma\mu$ se aproxima da zero assintoticamente. Não existe nenhum ponto exato em que $\tau\sigma\mu = 0$, e, portanto, a espessura δ de uma camada-limite é usualmente definida arbitrariamente como o ponto onde $u = 0,99U$.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Esta patente focaliza-se sobre as penetrações da tecnologia sobre as micro- e nanomisturas da camada-limite, isto é, sobre os efeitos dos enchedores mecânicos estruturais que produzem as propriedades das micro- e nanomisturas com o uso da principal película estática da camada-limite acoplada com o coeficiente de fricção após uma partícula em movimento na zona-limite do fluido da circulação do fluido ao redor de uma partícula sólida para promover a mistura acelerada.

A geometria da partícula do enchedor estrutural baseia-se no princípio fundamental da aspereza superficial, promovendo aderência aumentada à zona de velocidade zero na camada-limite. A camada-limite é onde o material tem sua força de aderência mais forte ou pegajosidade presente. Mediante o uso de uma partícula que tenha uma aspereza e/ou superfície de partícula aguda, a aderência à zona não deslizante é aumentada, o que promove melhor aderência superficial do que uma partícula lisa com pouca ou nenhuma característica superficial. O tamanho ideal da partícula do enchedor diferirá entre os polímeros porque a viscosidade difere tão bem quanto a mecânica de mistura produzida pelas forças de cisalhamento e o polimento superficial nas superfícies mecânicas, o que cria uma variação na espessura da camada-limite. Uma aspereza e/ou superfície de partícula aguda permite que a partícula funcione como uma lâmina de mistura cinética rolante na camada-limite. A penetração da tecnologia corporificada nesta patente focaliza-se sobre uma partícula endurecida com bordas aguçadas rolando ao longo da camada-limite produzindo micro-mistura com agitação através da área superficial na qual a camada-limite existe.

As vantagens desta tecnologia incluem:

- Economias de custos através da substituição de polímeros caros por material estrutural barato.
- Economias de custos pelo aumento da capacidade de

incorporar mais material orgânico ao plástico.

- Economias de custos pelo aumento da produtividade com altos níveis de materiais orgânicos e/ou estruturais.
- Melhor desembolso de aditivos e/ou enchedores através de
5 mistura aumentada sobre as grandes superfícies mecânicas produzidas pela mistura-limite.
- Melhor mistura de polímeros pelos efeitos da moagem e do corte das partículas que rolam ao longo da grande área superficial, quando a velocidade e a compressão dos polímeros impactam a superfície durante as
10 operações normais de mistura.
- Redução do coeficiente de fricção sobre as superfícies mecânicas causada pelos efeitos da camada-limite com arrasto, o que é substituído pela fricção cinética de rolamento de uma partícula dura nas camadas-limites.
- Produção aumentada da fabricação de plásticos pela
15 redução do coeficiente de fricção na camada-limite para os processos extrusados, soprados ou de moldagem por injeção, em que o coeficiente de fricção afeta diretamente o rendimento da produção.
- Melhoramento da qualidade superficial sobre os plásticos
20 com ou sem enchedores, devido aos efeitos de polimento causados pela mistura cinética na camada-limite sobre todas as superfícies mecânicas, incluindo matrizes, moldes etc., em que os materiais fluem dentro e ao redor durante o processo de acabamento.
- Promoção da remoção da camada-limite por mistura
25 cinética, por esse meio tendo a propriedade de auto-limpeza da camada-limite.
- Transferência de calor intensificada devida à mistura cinética na camada-limite que é considerada como sendo uma película estagnada em que a transferência de calor é predominantemente condução, mas a mistura da película estagnada produz convecção forçada na superfície de

transferência de calor.

As partículas sólidas usadas para a mistura cinética na camada-limite necessitam ter as seguintes características:

- 5 • A geometria física das partículas deve ter uma característica que possibilite que a partícula role ou tamboreie ao longo da superfície da camada limite.
- 10 • A eficácia da mistura de partículas aumenta com a aspereza superficial para interagir com a zona de velocidade zero ou superfície polimérica não deslizante para promover o atrito cinético ao invés do atrito estático.
- 15 • As partículas devem ser suficientemente duras de modo que o fluido seja deformado ao redor da partícula para promover a mistura cinética através do efeito de tamboração ou de rolamento da partícula.
- 20 • As partículas devem ser proporcionais em tamanho à camada limite dos materiais que estejam sendo usados, de modo que as partículas rolem ou tamboreiem com o uso do atrito de rolamento cinético de modo que as partículas não sejam adulteradas dentro da camada-limite, o que aumenta os efeitos negativos da camada-limite com base na aspereza superficial aumentada restringindo o fluxo, ou pode produzir a remoção das partículas para fora da camada-limite dentro do fluido em massa.
- 25 • As partículas devem ser capazes de reconectarem-se na camada-limite do fluido em massa durante o processo de mistura com base no tamanho das partículas e na aspereza superficial.
- As partículas podem ser materiais sólidos ou porosos, artificiais ou minerais de ocorrência natural, e/ou rochas.

Geometria física das partículas:

As partículas esféricas não são ideais por causa dos dois seguintes fenômenos que ocorrem simultaneamente. O primeiro fenômeno diz respeito ao atrito superficial da partícula na zona não deslizante, e o segundo

diz respeito à força propulsora aplicada à partícula pela velocidade do fluido, a qual afeta a capacidade da partícula de rolar ou tamborar. A força propulsora é produzida pelo fluxo do fluido sobre a metade superior da camada-limite. As formas das partículas podem ser esféricas, triangulares, em losango, quadradas etc., mas os objetos semi-planos ou planos são menos desejáveis porque eles não tamboreiam bem. Os objetos semi-planos ou planos tamboreiam menos bem porque a área superficial em seção transversal tem pouca resistência ao atrito do fluido aplicado à sua espessura. Entretanto, tendo em vista que a agitação na forma de mistura é desejável, as formas inconvenientes da tamboração são benéficas, tendo em vista que a tamboração inconveniente cria zonas de mistura de geração aleatória dinâmicas. Estas zonas de mistura aleatória são análogas a ter grandes lâminas de mistura operando com poucas lâminas de mistura. Algumas giram rapidamente e algumas giram lentamente, mas o resultado final é que elas se acham todas misturando. Em um material mais viscoso, que tem propriedades menos inelásticas, a mistura cinética pelas partículas produzirá um efeito de corte e de moagem devido à aspereza superficial e às bordas afiadas das partículas.

Plásticos extrusados típicos, bem como de moldagem por injeção, são PP, PE, PB, HDPP, HDPE, HDPB, Náilon, ABS e PVC, que são alguns dos tipos de plásticos usados na indústria, nos quais a dureza é proporcional às propriedades do material do plástico. Pela adição de enchedores duros no plástico, um plástico mais rijo mais durável pode ser reformulado, que seja mais resistente aos arranhões e/ou à desfiguração do que as propriedades físicas inerentes do plástico. Enchedores comuns são o carbonato de cálcio e o talco, cada qual tendo uma avaliação da escala de dureza de Mohs de 1. Entretanto, é desejável usar enchedores estruturais tendo uma dureza de pelo menos 2,5.

Uma variedade de materiais ambientalmente estáveis adequados para uso como enchedores estruturais duros não foram

comercialmente avaliados pela indústria de fabricação de plásticos. Estes enchedores são estruturais, eles são duros, peso leve e ambientalmente estáveis. Algumas das razões porque estes enchedores não têm sido usados

5 Adicionalmente, estes materiais podem não ser tão economicamente praticáveis quanto os enchedores anteriormente usados. Os seguintes enchedores estruturais de peso leve são semelhantes na dureza, na densidade e nos tamanhos das partículas na faixa micrométrica, porém não foram ainda amplamente aceitos para uso na indústria de plásticos.

10 As microsferas de vidro ou cerâmicas têm estado comercialmente disponíveis por décadas. As esferas têm tido algum sucesso na fabricação de plásticos, mas elas têm sido principalmente usadas no mercado de revestimentos, adesivos e compósitos.

15 A perlita é uma rocha siliciosa de ocorrência natural principalmente usada nos produtos de construção, um isolador para alvenaria, concreto leve e para aditivos alimentares.

20 O silicato de alumínio potássico sódico (vidro vulcânico) é um micropó usado como um modificador do fluxo de plástico para melhorar a saída, bem como para produzir propriedades de mistura reforçada para aditivos.

25 Os enchedores estruturais que foram anteriormente mencionados têm uma dureza da escala de Mohs de 5,5, a qual é igual à do vidro de janelas, da areia e de uma lâmina de faca de aço de boa qualidade, por esse meio adicionando partículas e igual dureza aos materiais típicos que possam arranhar a superfície dos plásticos. Estes enchedores estruturais não são mantidos juntos por forças fracas. Portanto, eles mantêm sua forma rígida e não têm propriedades lubrificantes associadas com a clivagem das ligações químicas fracas entre as camadas moleculares, tal como pode ser observado com o talco. As partículas que tenham uma dureza na escala de Mohs de 5,5

são tão duras quanto as que normalmente devam danificar a superfície dos plásticos. Portanto, a resistência à arranhadura e/ou à desfiguração pela dureza à curvatura do enchedor incorporado na formulação do plástico é melhorada. Os enchedores estruturais são de preferência leves, tendo uma densidade nas
5 faixas de 0,18 a 0,8 g/cm³, enquanto o talco e o carbonato de cálcio têm densidades que variam de 2,50 a 2,80 g/cm³. Portanto, os enchedores estruturais duros reduzem a densidade da fórmula do plástico.

As microsferas se têm tornado recentemente de interesse para uso com os plásticos extrusados, por causa da sua resistência melhorada, a
10 qual permite que eles resistam às pressões sem que sejam comprimidos. Quando a resistência das microsferas aumenta, o custo da fabricação decresce, o que torna as microsferas um material enchedor estrutural ideal para os plásticos.

Outros materiais enchedores para consideração incluem a
15 Perlita expandida. A Perlita expandida não tem sido comercialmente usada pela indústria de plásticos nos processos de extrusão, por causa de suas microbolhas e tubos que são propriedades naturais do material e podem não resistir às pressões da extrusão sem esmagamento. O efeito do esmagamento dos enchedores acrescenta-se ao fluxo do volume de inconsistência, o qual
20 afeta a estabilidade dimensional do produto extrusado, o que pode, ou não, ser aceitável, dependendo da aplicação. Por esta razão, a Perlita não alcançou a viabilidade comercial como enchedor estrutural no campo dos plásticos. A Perlita pode ser finamente moída, o que melhora muito a resistência ao esmagamento do produto, por esse meio possibilitando ao material a
25 capacidade de resistir ao processo de pressões de extrusão mecânica, obtendo assim estabilidade dimensional. Uma razão pela qual este material não tenha sido adotado como um enchedor, é que ele, em sua forma original, tem a capacidade de ser esmagado sob pressão.

A Perlita finamente moída tem as mesmas propriedades

físicas, logo uma malha mais fina, que resistirá a pressões mais elevadas. A Perlita finamente moída é correntemente usada nos sistemas de tratamento de água como um meio de filtragem.

5 Como um exemplo, uma esfera dura rolando sobre um material macio percorre em uma depressão de movimento. O material é comprimido em frente e ricocheteia na traseira, e onde o material é perfeitamente elástico, a energia armazenada na compressão retorna à esfera na sua traseira. Os materiais atuais não são perfeitamente elásticos, porém, assim ocorre a dissipação de energia, o resultado sendo energia cinética do rolamento. Por definição, um fluido é um material contínuo que é incapaz de resistir a um estresse de cisalhamento estático. Ao contrário de um sólido elástico, que responda a um estresse de cisalhamento com uma deformação recuperável, um fluido responde com um fluxo irrecuperável. O fluxo irrecuperável pode ser usado como uma força de acionamento para a mistura mecânica cinética na camada-limite. Mediante o uso do princípio de atrito cinético de rolamento e do fluido aumentado que adere na superfície da zona sem deslizamento para produzir aderentes, enquanto a velocidade na camada-limite produz a força de inércia sobre a partícula. A força de inércia gira a partícula ao longo da superfície do equipamento de processo mecânico, independente da mecânica de mistura usada, isto é, estática, dinâmica ou cinética.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um diagrama de uma extrusora.

25 A Figura 2A é uma explanação gráfica dos conceitos de camada-limite.

A Figura 2B é uma explanação gráfica de uma camada-limite de baixa velocidade ou laminar.

A Figura 3 é um gráfico mostrando o efeito de um aditivo de Perlita sobre a produção do termoplástico através de uma extrusora.

A Figura 4 é um gráfico mostrando o efeito do silicato de alumínio potássico sódico sobre a produção do termoplástico através de uma extrusora.

5 A Figura 5 é um gráfico mostrando o efeito de partículas de madeira sobre a produção do termoplástico através de uma extrusora.

A Figura 6 apresenta uma imagem da partícula 200 Novacite Processada 1.

A Figura 7 apresenta uma imagem da partícula 200 Novacite Processada 2.

10 A Figura 8 apresenta uma imagem da partícula 200 Novacite Processada 3.

A Figura 9 apresenta uma imagem da partícula 200 Novacite Não Processada 1.

15 A Figura 10 apresenta uma imagem da partícula 200 Novacite Não Processada 2.

A Figura 11 apresenta uma imagem da partícula 200 Novacite Não Processada 3.

A Figura 12 apresenta uma imagem da partícula Cinza 1.

A Figura 13 apresenta uma imagem da partícula Cinza 2.

20 A Figura 14 apresenta uma imagem da partícula Cinza 3.

A Figura 15 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 2 Processada 1.

A Figura 16 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 2 Processada 2.

25 A Figura 17 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 2 Processada 3.

A Figura 18 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 2 Não Processada 2.

A Figura 19 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes

de Hess Graduação 2 Não Processada 3.

A Figura 20 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 2 Não Processada 4.

5 A Figura 21 apresenta uma imagem da partícula Mineral de Kansas 1.

A Figura 22 apresenta uma imagem da partícula Mineral de Kansas 2.

A Figura 23 apresenta uma imagem da partícula Mineral de Kansas 3.

10 A Figura 24 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Processada 1.

A Figura 25 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Processada 2.

15 A Figura 26 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Processada 3.

A Figura 27 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Não Processada 1.

A Figura 28 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Não Processada 2.

20 A Figura 29 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Não Processada 3.

A Figura 30 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes de Hess Graduação 3 Não Processada 4.

25 A Figura 31 apresenta uma imagem da partícula Finos de Pedra-Pomes Perlita 2.

A Figura 32 apresenta uma imagem da partícula Finos de Pedra-Pomes Perlita 3.

A Figura 33 apresenta uma imagem da partícula Finos de Pedra-Pomes Perlita Desenvolvidos 1-2.

A Figura 34 apresenta uma imagem da partícula Finos de Pedra-Pomes Perlita Desenvolvidos 1-3.

A Figura 35 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes Perlita Finos 1.

5 A Figura 36 apresenta uma imagem da partícula Pedra-Pomes Perlita Finos Desenvolvidos 1-1.

A Figura 37 apresenta uma imagem da partícula Silbro 27.M 1.

10 2. A Figura 38 apresenta uma imagem da partícula Silbro 27.M

3. A Figura 39 apresenta uma imagem da partícula Silbro 27.M

A Figura 40 apresenta uma imagem de Material Estratégico 1.

A Figura 41 apresenta uma imagem de Material Estratégico 2.

15 A Figura 42 apresenta uma imagem de Material Estratégico 3.

A Figura 43 apresenta uma imagem de Material Estratégico 4.

A Figura 44 apresenta uma imagem de Material Estratégico Desenvolvimento 5-3.

20 A Figura 45 apresenta uma imagem de Material Estratégico Desenvolvimento 5-1.

A Figura 46 apresenta uma imagem de Material Estratégico Desenvolvimento 5-2.

A Figura 47 apresenta uma imagem da partícula Rocha Branca 1.

25 2. A Figura 48 apresenta uma imagem da partícula Rocha Branca

3. A Figura 49 apresenta uma imagem da partícula Rocha Branca

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FORMAS DE REALIZAÇÃO

PREFERIDAS

Durante um processo de moagem a jato, as partículas se golpeavam para formar uma borda afiada através de uma fratura concoidal. Embora algumas seleções dos tamanhos das partículas produzam diferentes efeitos com diferentes seleções poliméricas, é este efeito de borda que produz seu desempenho. O efeito de borda do silicato de alumínio potássico sódico facilita a incorporação dos enchedores, enchedores estruturais, pigmentos, fibras e uma variedade de outros materiais dentro dos materiais termoplásticos e poliméricos.

Os materiais que produzirão efeitos de borda após a moagem a jato incluem: pedra-pomes, Perlita, vidro vulcânico, areia, sílex, ardósia e granito, em uma variedade de outros materiais mineráveis. Existe uma variedade de materiais artificiais, tais como o aço, o alumínio, latão, cerâmicas e vidro de janela reciclado e/ou novo, que podem ser processados por moagem a jato ou por outros processos de moagem relacionados para produzir uma borda afiada com pequenos tamanhos de partículas. Além dos exemplos listados, outros materiais podem também ser adequados, contanto que os materiais tenham suficiente dureza, estimada como sendo de 2,5 na escala de dureza de Mohs.

Fica claro observar pela escala de dureza de Mohs que existe uma variedade de materiais que são mais duros do que 2,5, que podem funcionar como prováveis candidatos para produzir efeitos de borda afiada, por esse meio funcionando como um modificador da tensão superficial, bem como um enchedor estrutural a ser incorporado nos plásticos modernos de hoje, nos polímeros, tintas e adesivos. A escala de Mohs é apresentada abaixo.

<u>Dureza</u>	<u>Mineral</u>	<u>Dureza Absoluta</u>
1	Talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)	1
2	Gesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	2
3	Calcita ($CaCO_3$)	9

	4	Fluorita (CaF_2)	21
	5	Apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}^-, \text{Cl}^-, \text{F}^-)$)	48
	6	<u>Feldspato Ortoclásio</u> (KAlSi_3O_8)	72
	7	Quartzo (SiO_2)	100
5	8	Topázio ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}^-, \text{F}^-)_2$)	200
	9	Corundo (Al_2O_3)	400
	10	Diamante (C)	1500

A escala de Mohs é uma escala puramente ordinal. Por exemplo, o corundo (9) é duas vezes tão duro quanto o topázio (8), mas o diamante (10) é quase quatro vezes tão duro quanto o corundo. A tabela abaixo apresenta a comparação com a dureza absoluta medida por um esclerômetro.

A tabela abaixo incorpora substâncias adicionais que podem cair entre os níveis:

Dureza	Substância ou Mineral
1	Talco
2	Gesso
2,5 a 3	Ouro puro, Prata, <u>Alumínio</u>
3	Calcita, moeda de Cobre
4	Fluorita
4 a 4,5	Platina
4 a 5	Ferro
5	Apatita
6	Ortoclásio
6	Titânio
6,5	Pirita de ferro
6 a 7	Vidro, sílica vítrea pura
7	Quartzo
7 a 7,5	Granada
7 a 8	Aço endurecido
8	Topázio
9	Corundo
9 a 9,5	Carborundum
10	Diamante
>10	Fulerita ultradura
>10	Nano-hastes de diamante agregadas

15

CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DAS PARTÍCULAS

A eficácia da mistura das partículas é aumentada quando a

rugosidade superficial tem um efeito duplo. O primeiro efeito é que a rugosidade superficial e a geometria das partículas intensifica a aderência superficial à zona não deslizante ou à região viscosa, o que produz resistência contra o rolamento ou tamboramento das partículas. O segundo efeito acrescenta resistência à capacidade da partícula para rolar ou tamborar, o que resulta em interação mecânica mais forte com o impacto do fluido. No exemplo de um bola esférica lisa rolando através de uma superfície, a aderência de interação com uma zona não escorregadia é mínima e os efeitos sobre o polímero não produzem mistura muito dinâmica. Se o material for áspero e/ou aguçado, ou ambos, então a mistura dinâmica tem resistência ao rolamento, por esse meio criando um efeito de tamboramento semelhante a lâmina, o qual produz agitação pela rugosidade bem como pela rotação cinética mecânica.

DUREZA E RUGOSIDADE DAS PARTÍCULAS

As lâminas de mistura e o equipamento de mistura de alto cisalhamento são usualmente produzidos de aço endurecido e os polímeros são mais macios do que a agitação mecânica aplicada durante a mistura. Tendo em vista que estas partículas estão passando através, elas necessitam da capacidade de conservar sua forma de modo a funcionarem apropriadamente. As interações químicas entre as moléculas foram testadas e organizadas com base em sua dureza. Uma dureza mínima de 2,5, iniciando com o cobre, na escala de Mohs, ou mais dura, será suficiente para uma única passagem de partícula a ser resistente o bastante para este processo de mistura.

As partículas enchedoras devem ser dimensionadas proporcionalmente à região da camada-limite. O tamanho é usualmente definido arbitrariamente como o ponto onde $u = 0,99U$. Portanto, um diâmetro de partida teórica das partículas é a altura medida perpendicular à superfície em que $u = 0,99U$. Existem muitos fatores que acrescentam dificuldades em calcular os parâmetros associados com a mistura cinética na

zona-limite, por exemplo:

1. carregamento do enchedor, o qual produz interação da camada-limite modificada.

2. transferência de calor através das paredes, criando
5 diferenciais de viscosidade.

3. efeitos do cisalhamento e compressão continuamente aumentada induzida pela agitação da rosca.

4. reações químicas onde os materiais mudam as propriedades físicas tais como as viscosidades, a densidade etc.

10 A dinâmica da mistura é uma das interações químicas mecânicas mais complexas na indústria do processo. O tamanho das partículas variará de produto a produto, a otimização podendo ou não ser necessária. O teste indica que não parece haver muita diferença em absoluto
15 entre um produto de malha 25 e as partículas de malha 800. Em ambos os casos, a partícula afetou a dramaticamente a zona de mistura da camada-limite.

Uma abordagem para selecionar um tamanho de partícula adequado é determinar quando um tamanho de partícula particular cria um efeito de camada-limite adverso pelo aumento do coeficiente de arrasto. Na
20 maioria dos processos, isto pode ser identificado pelo monitoramento de um aumento nos ampères que o motor puxa durante o ciclo de mistura. Se os ampères aumentarem, então o tamanho de partícula deve ser reduzido.

Outra abordagem é ver se a velocidade de agitação pode ser aumentada sem que aumente o puxamento dos ampères do motor, o que
25 ilustra a redução do atrito pela mistura cinética na camada-limite. Por exemplo, a Figura 3 mostra a produção de um termoplástico através de uma extrusora em uma dada rpm da rosca. Pode ser observado que o aditivo de Perlita em 8 % aumenta a produção para 45 rpm da rosca sobre a base da extrusora.

A Figura 4 mostra que o aditivo de silicato de alumínio potássico sódico em pó ao material de base permite que a extrusora se desempenhe em rpm mais elevado do que foi possível anteriormente, dessa forma gerando mais produção sobre o mesmo equipamento. Tendo em vista
5 as limitações do equipamento, o limite superior da rpm não foi capaz de ser apurado.

A Figura 5 mostra que, mesmo quando o conteúdo de madeira seja de 52 % a 73 % de um plástico e de 2 % de mistura de Perlita e madeira, os índices superiores de produção podem ainda ser alcançados em
10 comparação a um conteúdo de 49 % de madeira sem Perlita.

A indústria química tem produzido métodos de teste e tabelas para líquidos homogêneos e as camadas-limite em relação às espessuras para calcular as propriedades do fluxo de fluidos para seleção do equipamento mecânico e propriedades de transferência de calor. A adoção do mesmo perfil
15 é incorporada nesta patente como um ponto de partida do tamanho de partículas de modo que ele funcione na camada-limite para aumentar a mistura.

RECOMBINAÇÃO DAS PARTÍCULAS NA CAMADA-LIMITE

20 As partículas podem ser selecionadas para re-interagirem com a camada-limite se elas forem removidas por varredura dentro do fluido em massa durante a mistura. Todos os materiais fluidos que fluem através da agitação mecânica tomam o caminho da mínima resistência. O perfil de velocidade é afetado na agitação pelas partículas resistivas para moverem-se
25 em um meio viscoso. Portanto, as partículas que produzem resistência ao fluxo circulante são usualmente dirigidas em direção à camada-limite de modo que o fluido possa fluir mais livremente. Se o tamanho da partícula for grande, ela pode tornar-se ligada na suspensão do fluido porque as forças coesivas na camada-limite não são suficientes o bastante para resistir à força

da velocidade do fluido que esteja sendo aplicada à superfície da camada-limite, por esse meio varrendo a partícula de volta para a suspensão fluídica. As partículas com pequenos tamanhos se recombinarão naturalmente na camada-limite com base nas forças de coesão causadas pela aspereza superficial para promover a mistura cinética, mesmo que as partículas se tornem temporariamente em suspensão no fluxo de circulação de massa.

As tecnologias de processamento mineral têm estado por todos os lados através dos séculos e são altamente especializadas. Elas têm a capacidade de separar partículas por múltiplos métodos, bem como de conformá-las em partículas menores. No caso destes sólidos altamente especializados ou de materiais porosos para produzir a lâmina tridimensional desejada como as características com bordas afiladas em uma relação de aspecto (alongamento) maior do que 0,7, o material deve ser obtido por moagem a jato por impacto ou pelo processo de moagem a jato. A moagem a jato por impacto é um processo em que o material do processo em alta velocidade golpeia uma superfície endurecida para produzir um efeito de fragmentação das partículas. Na moagem a jato, os jatos opostos fazem com que os materiais do processo golpeiem-se entre si para produzir um efeito de fragmentação, isto é, fraturas concoidais, sobre os materiais. A eficácia da partícula de mistura cinética devida à resultante com agudeza superficial, isto é, bordas semelhantes a lâminas (ver Apêndice 1).

Um processo de moinho de bolas tamboreia o material em um processo de bateladas, removendo uma característica superficial desejada, por exemplo, a agudeza. Para uso como partículas em extrusões termoplásticas, os materiais sólidos ou rochas devem ser refinados em partículas de malhas 10 a 20 ou menores. Este é o ponto de partida típico para alimentar material ao processo de moagem a jato por impacto ou de moagem a jato. Isto pode ser realizado por uma variedade de métodos que se acham comumente disponíveis e conhecidos pela indústria para produzir os tamanhos de

partículas desejados. O mineral ou rocha preferidos devem ser capazes de produzir fraturas concoidais. Isto garante efeitos de bordas semelhantes a facas com conformações tridimensionais. Referir-se ao Apêndice 1 para as imagens de fraturas concoidais. No caso de minerais ou rochas porosas, as características dos poros sendo esmagados e a fragmentação após o impacto durante o jato de impacto ou o processo de moagem de jato cria as partículas conformadas com bordas semelhantes a faca tridimensionais. Embora as superfícies ásperas e desiguais possam ser suficientes em algumas aplicações de mistura, neste caso, quanto mais aguda a partícula, melhor os resultados.

Referência deve ser feita ao Apêndice 1 quanto aos tamanhos das partículas de referência após a moagem a jato. Os materiais artificiais, tais como o vidro, as cerâmicas e os metais, bem como uma variedade de outros tipos de materiais, encontrando a dureza mínima de 2,5 pela escala de Mohs, que produz bordas agudas com uma conformação tridimensional e uma relação de aspecto maior do que 0,7, podem ser usados. O processo de jato de impacto ou moagem de jato tipicamente com estes materiais produzem partículas com uma média de 5 a 60 μm com uma passagem única. Os materiais artificiais como o vidro podem ser processados nas partículas de bordas agudas tridimensionais desejadas com uma relação de aspecto de 0,7 e mais elevada por meio de um moinho a cilindros esmagando as partículas ao invés da moagem a jato. Isto é claramente ilustrado nas figuras dos Apêndices das partículas de vidro pequenas de alimentação bruta antes da moagem a jato.

Outro material enchedor que é comumente usado em combinação com os termoplásticos é a fibra de madeira. Para verificar se o material está realmente intensificando a mistura, o melhor meio para se abordar isto é misturas um material de viscosidade pesada com propriedades de fluxo fracas, com material de madeira de fibras inorgânicas de polipropileno de alta densidade que seja compressível e seja orgânico. A razão disto é significativa, tratando-se de materiais inorgânicos e orgânicos

que têm uma mistura no tempo difícil.

Um fator limitativo associado com a extrusão de compósitos plásticos de madeira são os “efeitos de borda”, que é quando o material apresenta uma configuração sob a forma de árvore de Natal sobre as bordas.

5 Em alguns casos, esta configuração de árvore de Natal se deve à mistura imprópria e à resistência do material que está sendo arrastado sobre a matriz deixando a extrusora, causada pelos efeitos da camada-limite que produz bordas ásperas. É comum na indústria adicionar lubrificantes à formulação para superar este problema. Os lubrificantes permitem que o material flua
10 mais facilmente através da camada-limite, por esse meio possibilitando que a produção aumente mediante o aumento da rpm das porcas de extrusão até que os efeitos de borda apareçam, o que indica uma produção máxima do material do processo. Os procedimentos de teste usaram essa mesma aparência visual como um indicador da produção mais rápida que foi controlada pela rpm das
15 roscas das extrusoras.

EXPERIÊNCIA 1

Fórmula de base medida por percentual em massa

3 % de lubrificante: um estearato de zinco e uma cera de etileno biesteramida

20 7 % de Talco: um Nicron 403 da Rio Tinto

41 % de Termoplástico: HDPE com um MFI de 0,5 e uma densidade de 953

49 % de enchedor de madeira: um pinho branco oriental de malha 60 comercialmente classificado, comprado da American Wood Fibers.

25 Os materiais foram misturados secos com um diâmetro de 4’ (121,92 cm) por misturador de tambor de 1,5’ (45,72 cm) de profundidade, por 5 minutos antes da alimentação.

A extrusora era de rosca dupla de contra-revolução cônica de 35 mm com uma L/D 23.

A temperatura do processo foi de 320 °F (160 °C), a qual ficou constante por todos os desenvolvimentos.

Dois outros materiais foram usados e adicionados à fórmula de base para provar o conceito de que estes enchedores duros inertes eram:

5 1. silicato de alumínio potássico sódico (vidro vulcânico), o qual é um micropó usado como um modificador do fluxo de plástico para melhorar a saída, bem como para produzir as propriedades de mistura intensificada para os aditivos. Dureza do material sólido de malha 800 na dureza de escala de Mohs de 5,5 (Reolita 800 em pó); e

10 2. Perlita Expandida é uma rocha siliciosa de ocorrência natural usada principalmente em produtos de construção, um isolante para alvenaria, concreto leve e para aditivos alimentares. Dureza do material poroso de malha 500 na escala de Mohs de 5,5.

EXPERIÊNCIA 2

15 Produção máxima do material da linha de referência antes dos efeitos de borda apareceram rpm 19 = 13,13

Produção máxima antes dos efeitos de borda com o uso do pó de alumínio potássico sódico

20 0,5 %, 22 rpm = 15,75, um aumento global da produção de 19,9 % ou aproximadamente 20 %

1 %, 22 rpm = 19,5 e um aumento global da produção de 48,5 % efeitos do aditivo Perlita na extrusão

Produção máxima do material da linha de referência antes que os efeitos de borda aparecessem rpm 19 = 13,13

25 EXPERIÊNCIA 3

Produção máxima com o uso de Perlita

Os resultados da Experiência 3 podem ser encontrados na Figura 2.

8 %, rpm = 45 = 21,13 um aumento global da produção de 60,9 %

16 %, rpm 45 = 21,13 um aumento global da produção de 44,7 %

25 %, rpm 45 = 21,13 um aumento global da produção de 5,33 %

33 %, rpm 45 = 21,13 um aumento global da produção de 16,1

A razão dos elevados percentuais da Perlita terem sido
 5 escolhidos foi remover a possibilidade de que este material fosse justamente
 um enchedor. Os efeitos de borda das partículas de lâminas faca
 tridimensionais interagindo com a camada-limite, mesmo em 33 %, ainda
 apresentaram um melhoramento de 16 % mais elevado do que o material de
 base. As produções do material poderiam ter sido mais altas, mas a limitação
 10 das rpms sobre a extrusora foi de 45 e o material foi sendo alimentado
 manualmente, o que é o motivo pelo qual acreditamos ser de 25 % a produção
 reduzida por causa das dificuldades em alimentar um tal material leve pela
 primeira vez, mas pelo tempo que nós obtivemos a 33 % nós a imaginamos.

EXPERIÊNCIA 4

15 Efeitos da madeira na produção

Os resultados da Experiência 4 podem ser encontrados na
 Figura 4.

A produção máxima do material da linha de referência antes
 dos efeitos de borda apareceram rpm 25 = 17,68

20 A concentração da Perlita foi mantida constante no ponto de
 partida de 2 %

52 % rpm 45 = 27,60 um aumento global da produção de 60,9
 %

25 59 %, rpm 45 = 26,25 um aumento global da produção de 48,7
 %

64 %, rpm 45 = 17,00 um aumento global da produção de 36
 %

69 %, rpm 45 = 24,33 um aumento global da produção de 37
 %

74 %, rpm 30 = 19,46 aumento global da produção de 10 %

A razão pela qual este teste foi escolhido foi que a carga de um enchedor orgânico leve dentro de um material inorgânico é aumentada, os efeitos de borda apresentam-se rapidamente.

5 Não houve nenhuma produção máxima que fosse alcançada uma vez mais porque a rpm estivesse em um máximo até 74 % em cujo tempo a rpm tivesse de ser reduzida a 30 para prevenir os efeitos de borda. As fibras compressíveis no processo de extrusão atual como varreduras de vassoura ao longo da camada-limite. A fibra de madeira é um enchedor compressível cuja
10 densidade vai de 0,04 g/cm a 1,2 g/cm após a extrusão contra a parede que tem a capacidade de encapsular estas partículas duras na camada-limite e removê-las permanentemente. É o efeito da forma de partículas tridimensionais com lâminas que permitem que este material corte o material mais macio não no leito no material mesmo quando eles estejam
15 experimentando compressão e sendo removidos por varredura.

Houve a verificação de que este material opera na camada-limite e é de limpeza automática. No primeiro dia dos desenvolvimentos das provas nós trabalhamos os materiais na ordem mostrada pelos gráficos. No segundo dia do desenvolvimento das provas antes da experiência do enchedor
20 de madeira sob as mesmas condições, materiais e de intempéries, o material da linha de referência teve um aumento significativo da produção.

No dia um, a produção máxima do material da linha de referência antes dos efeitos de borda apresentaram-se

rpm 19 = 13,13

25 No dia dois, a produção máxima do material da linha de referência antes dos efeitos de borda apresentaram-se

rpm 25 = 17,68 com um aumento global de 34,6 %

Isto foi causado pelo equipamento que foi polido interiormente com as elevadas concentrações da Perlita desde o dia um, provendo ela

própria limpeza da camada-limite. Esta superfície polida no dia dois deve ter tido efeito negativo com a experiência de mistura cinética da camada-limite, porque a camada-limite deve ter sido reduzida ou tornada mais fina tendo em vista que o coeficiente de atrito causado pelo arrasto sobre a superfície polida é menor. Isso implica em que a forma tridimensional dos materiais com bordas semelhantes a lâminas afiadas provê excelentes capacidades de rolamento cinético mesmo que a espessura das camadas-limites mude e as forças de compressão contínua na mistura dinâmica do processo de extrusão.

As partículas de mistura cinética das camadas-limites podem ser introduzidas na indústria de produção em uma variedade de meios. Por exemplo, no mercado de plásticos:

- As partículas podem ser incorporadas na forma pelletizada do fabricante de plásticos e comercializadas como um plástico, aumentando a produção.
- As partículas podem ser incorporadas em pelotas coloridas pelos fornecedores de pigmentos e comercializadas como pigmento pelletizado de dispersão rápida.
- As partículas podem ser incorporadas como pelletizadas com enchedor inorgânico ou orgânico e comercializadas como enchedor de umedecimento próprio.
- As partículas podem ser incorporadas em pós secos e comercializadas como pós de umedecimento próprio tais como os retardadores de chama, os fungicidas e os enchedores, etc.
- As partículas podem ser incorporadas em líquidos como um desembolso para pigmentos, plasticizantes, estabilizadores de UV, agentes de assopro e lubrificantes, etc.

As partículas de mistura cinética das camadas-limites podem ser utilizadas pela indústria de tintas.

- As partículas podem ser incorporadas na tinta para aumentar

as propriedades de dispersão dos pigmentos, plasticizantes, fungicidas, estabilizadores de UV, retardadores de chama, etc.

5 • As partículas podem ser incorporadas nos pigmentos nos setores de mistura da clientela encontradas nas lojas de tinta para ajudar a dispensar menos material e produzir a mesma cor através de melhor mistura característica de dispersão.

 • As partículas podem ser incorporadas em pós secos dos fabricantes de aditivos para ajudar na dispersão dos retardadores de chama, enchedores etc.

10 • As partículas podem ser incorporadas em latas de pulverização para aumentar a mistura ao longo das paredes, promovendo mistura da camada-limite.

 • As partículas podem ser incorporadas em materiais de mistura de dois componentes para promover melhor mistura ou camada-limite da área superficial ou e mistura da camada limite da interface de líquido-líquido de uretanos, uréia e epóxis, etc.

15 • As partículas podem ser incorporadas em uma embalagem de lubrificante usada para limpar o equipamento de pulverização através da recirculação contínua com limpadores químicos.

20 As partículas de mistura cinética da camada-limite podem ser utilizadas pela indústria de lubrificação.

 As partículas podem ser incorporadas nos óleos para promover melhor fluxo ao redor das superfícies mediante a redução da zona de atrito da camada-limite, produzindo melhor umedecimento sem nenhuma decomposição da temperatura sobre este aditivo, porque ele é uma partícula
25 sólida: óleo interno e óleo externo para carros, barcos, aeroplanos, bicicletas, etc.

 As partículas podem ser incorporadas nos óleos para a limpeza doméstica possibilitando que o óleo se disperse mais uniformemente como

uma camada mais fina, menos provável de se tornar viscoso através do tempo, tendo em vista que a camada é mais fina.

5 As partículas podem ser incorporadas nos fluidos de dissolução, fluidos hidráulicos de todos os tipos produzindo uma melhor resposta ao movimento do fluido, porque a camada-limite se movimenta com a mobilidade cinética quando a pressão é aplicada.

10 As partículas podem ser incorporadas nos aditivos de combustível, o que promove melhor dispêndio no combustível, bem como uma ação de auto-limpeza devida à interação das partículas sobre as camadas-limites completamente em todo o caminho do fluxo inteiro da combustão, incluindo a exaustão onde as partículas ainda terão um efeito de limpeza.

15 As partículas podem ser adicionadas como um lubrificante e os dispêndios diretamente da refinaria. As partículas não apenas ajudarão nos efeitos de lubrificação do carro e limpeza do sistema, mas também aumentarão a extensão de vida das bombas de gasolina devido formação de resíduos de material do tipo lama nas camadas-limites.

20 As partículas de mistura cinética das camadas-limites podem ser utilizadas para aumentar as propriedades do fluxo. A maioria do material líquido que flui através de um tubo, sistema de bombas e/ou equipamento do processo sofre os efeitos da camada-limite com base no coeficiente de arrasto, independente da geometria superficial, esta tecnologia podendo reduzir o arrasto promovendo a mistura cinética das camadas limites, com um efeito de auto-limpeza. Isto possibilitará que a tubulação e o equipamento do processo se desempenhem em níveis ótimos.

25 As partículas de mistura cinética da camada-limite podem ser utilizadas para aumentar a transferência do calor. Tendo em vista que a camada-limite está sendo cineticamente movimentada, ela não é mais uma zona de transferência de calor de fluido estagnado, aumenta as propriedades de transferência de calor sobre ambos os lados. Agora a camada-limite

estagnada se converte em convecção forçada sobre ambos os lados, não apenas um, o fluido para fluido e o fluido para superfície.

5 As partículas de mistura cinética da camada-limite podem ser utilizadas pelas indústrias alimentares, farmacêuticas e agrícolas. Tendo em vista que a seleção das partículas pode ser aprovada para alimentos e medicamentos, o processamento dos alimentos através das plantas em sua embalagem pode ser intensificado e o equipamento de processo pode misturar as coisas mais completamente.

10 Assim, a presente invenção é bem adaptada a realizar os objetivos e alcançar as finalidades e vantagens mencionadas acima, bem como aquelas nelas inerentes. Embora as formas de realização presentemente preferidas tenham sido descritas para os fins deste relatório descritivo, numerosas mudanças e modificações serão evidentes àqueles de experiência normal na técnica. Tais mudanças e modificações acham-se incluídas dentro
15 do espírito desta invenção, como definido pelas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de aumentar fluxo através de um equipamento, caracterizado pelo fato de que inclui as etapas de:

5 alimentar um fluido em dito equipamento de processo mecânico, em que o dito fluido é um fluido termoplástico;

10 alimentar partículas em dito equipamento, ditas partículas tendo uma superfície concoidal e uma área superficial tridimensional complexa, ditas partículas tendo uma razão de aspecto maior do que 0,7 e um valor de dureza Mohs de mais do que 2,5, em que as ditas partículas são selecionadas de um grupo consistindo de cerâmicas, sílex, vidro, granito, metais, perlita, pedra-pomes, areia, ardósia e silicato de alumínio potássico sódico, calcita, fluorita, apatita, ortoclásio, quartzo, topázio, corundo, diamante, ouro puro, prata, moeda de cobre, platina, ferro, titânio, pirita de ferro, sílica vítrea pura, granada, carborundum, fullerita ultradura e nano-

15 hastes de diamante agregadas;

20 dispersar ditas partículas dentro do fluido que escoar, em que ditas partículas migram para uma camada limite de dito fluido que escoar para promover mistura cinética dentro de dito fluido que escoar, dita mistura cinética ocorrendo em uma zona de viscosidade não linear resultando em reduzidas forças de fricção em todo o equipamento de processo causado por arrastamento devido à camada limite.

25 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito equipamento de processo mecânico é uma bomba ou equipamento de processamento tendo conexões que são passagens simples de extremidade aberta ou são contínuos para operações de reciclagem.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito fluido é carregado.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito fluido é não carregado.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito equipamento de processo mecânico é um equipamento de processo compreendendo um cilindro e rosca.

5 6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito equipamento é uma extrusora.

7. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito equipamento de processo mecânico é parte de um processo de moldagem por injeção.

10 8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito fluido incorpora ditas partículas de modo que dito fluido e ditas partículas são alimentados em dito equipamento de processo mecânico simultaneamente.

15 9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende:
alimentar um aditivo no dito equipamento de processo mecânico;

dispersar dito aditivo no dito fluido.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que dito aditivo é carregado.

20 11. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que aditivo é um pigmento.

12. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que dito aditivo é uma fibra.

25 13. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que adicionalmente compreende limpeza das partes de dito equipamento de processo mecânico por interação de partículas duras com ditas partes através da tamboração de ditas partículas durante dita etapa de mistura cinética.

14. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que adicionalmente compreende a etapa de:

usar técnicas de fraturamento concoidal com um processo moído a jato para produzir ditas partículas antes da dita etapa de alimentar ditas partículas em dito equipamento de processo mecânico.

5 15. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dita área superficial tridimensional complexa compreende uma forma fina curvada suave.

16. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito fluido é um material polimérico.

10 17. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende moer a jato ditas partículas antes da dita etapa de alimentar dito fluido em dito equipamento de processo mecânico para fraturar concoidalmente ditas partículas.

15 18. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende moer a cilindros ditas partículas antes da dita etapa de alimentar dito fluido em dito equipamento de processo mecânico para fraturar concoidalmente ditas partículas.

20 19. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditas partículas são selecionadas de um grupo consistindo de: materiais sólidos, materiais porosos, materiais sintéticos, e materiais de ocorrência natural.

20. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende uma etapa de alimentar um aditivo no dito equipamento de processo mecânico.

25 21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que dito aditivo é uma carga.

22. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que dito aditivo é um pigmento.

23. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado

pelo fato de que dito aditivo é uma fibra.

24. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que ditas partículas migram para uma camada limite de dito fluido para promover mistura cinética de ditos aditivos dentro de dito fluido, dita mistura cinética ocorrendo em uma zona de viscosidade não linear.

25. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dita etapa de alimentar dito fluido dentro de dito equipamento de processo mecânico compreende mistura por colisão.

26. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que dita de alimentar um aditivo ocorre simultaneamente com uma etapa de mistura de fluido.

27. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditas partículas possuem uma área superficial tridimensional complexa compreendendo uma superfície tipo lâmina aguda e suave.

28. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dita etapa de alimentar dito fluido e dita etapa de alimentar ditas partículas dentro de dito equipamento de processo mecânico compreende misturar dito fluido por efeitos da moagem e do corte gerados pelas ditas partículas que rolam em uma área superficial longo da dita camada-limite;

em que o escoamento do fluido está em contato contínuo com uma superfície do dito equipamento de processo mecânico; e

em que ditas partículas impactam dito fluido através de tombamento cinético de ditas partículas criado por dito fluido escoando sobre dita superfície.

29. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito fluido está entre uma rosca e um barril do dito equipamento de processo mecânico.

30. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas na forma pelotizada a partir de um fabricante de plásticos e comercializadas como um plástico, aumentando a produção.

5 31. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em pelotas coloridas pelos fornecedores de pigmentos e comercializadas como pigmento pelotizado de dispersão rápida.

10 32. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas como pelotizadas com enchedor inorgânico ou orgânico e comercializadas como enchedor de umedecimento próprio.

33. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em pós secos e comercializadas como pós de umedecimento próprio.

15 34. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em líquidos como um desembolso para um de pigmentos, plasticizantes, estabilizadores de UV, agentes de assopro e lubrificantes líquidos.

20 35. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas na tinta para aumentar as propriedades de dispersão para um de pigmentos, plasticizantes, fungicidas, estabilizadores de UV e retardadores de chama.

36. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas nos pigmentos.

25 37. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em pós secos.

38. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em latas de pulverização para aumentar a mistura ao longo das paredes, promovendo mistura da

camada-limite.

39. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em materiais de mistura de dois componentes para promover melhor mistura ou camada-limite da área superficial e mistura da camada limite da interface de líquido-líquido de uretanos, uréia e epóxis.

40. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em uma embalagem de lubrificante usada para limpar o equipamento de pulverização através da recirculação contínua com limpadores químicos.

41. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas nos óleos para promover melhor fluxo ao redor das superfícies.

42. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas nos óleos.

43. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas em um de fluidos de dissolução e fluidos hidráulicos.

44. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são incorporadas nos aditivos de combustível.

45. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas são adicionadas como um de lubrificante e desembolso.

46. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas de mistura cinética da camadas-limite aumentam as propriedades do fluxo do material líquido que flui através de um de tubo, sistema de bombas e/ou equipamento do processo.

47. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que as ditas partículas de mistura cinética da camada-limite aumentam a transferência do calor movimentando cineticamente a camada-limite.

5 48. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas de vidro são vidro vulcânico.

49. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas de vidro são vidro de janela.

50. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas de metal são alumínio.

10 51. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas de metal são latão.

52. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas partículas de metal são aço.

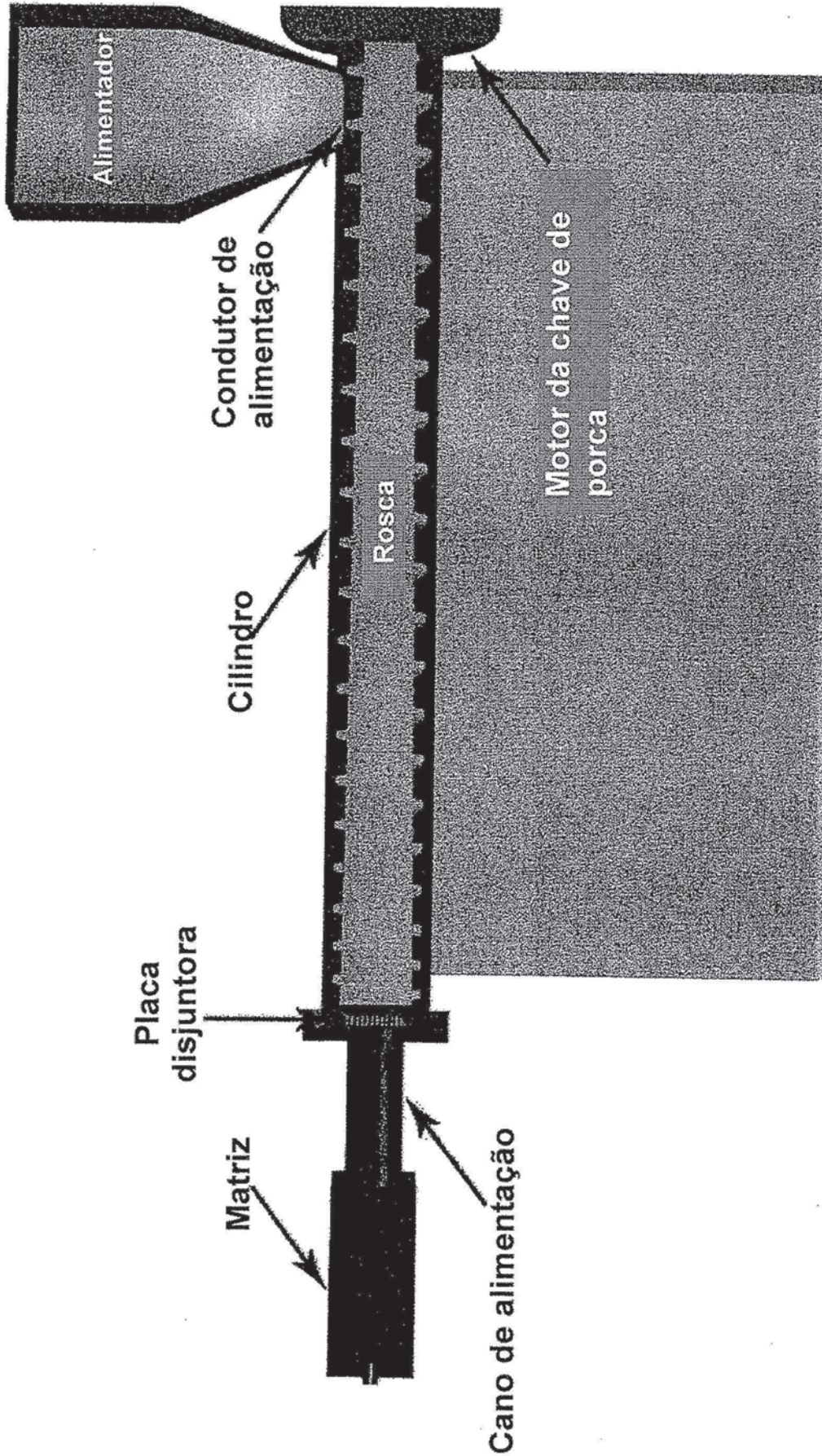


FIG. 1

Camada Limite

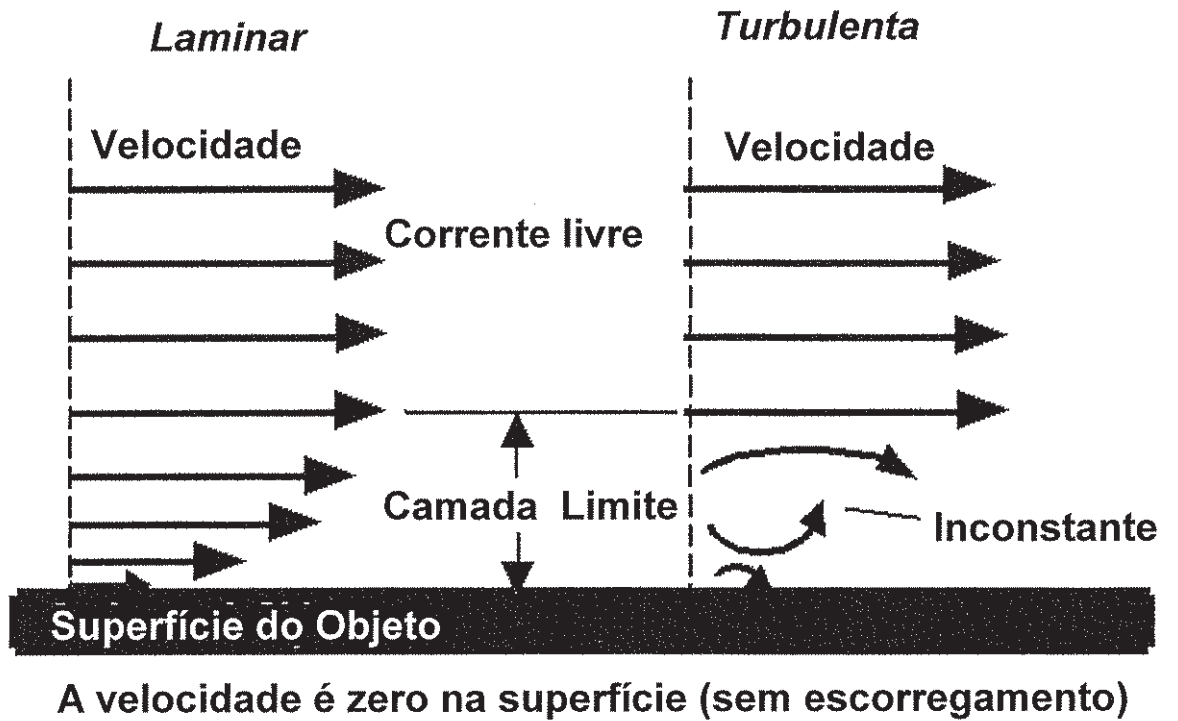


FIG. 2A

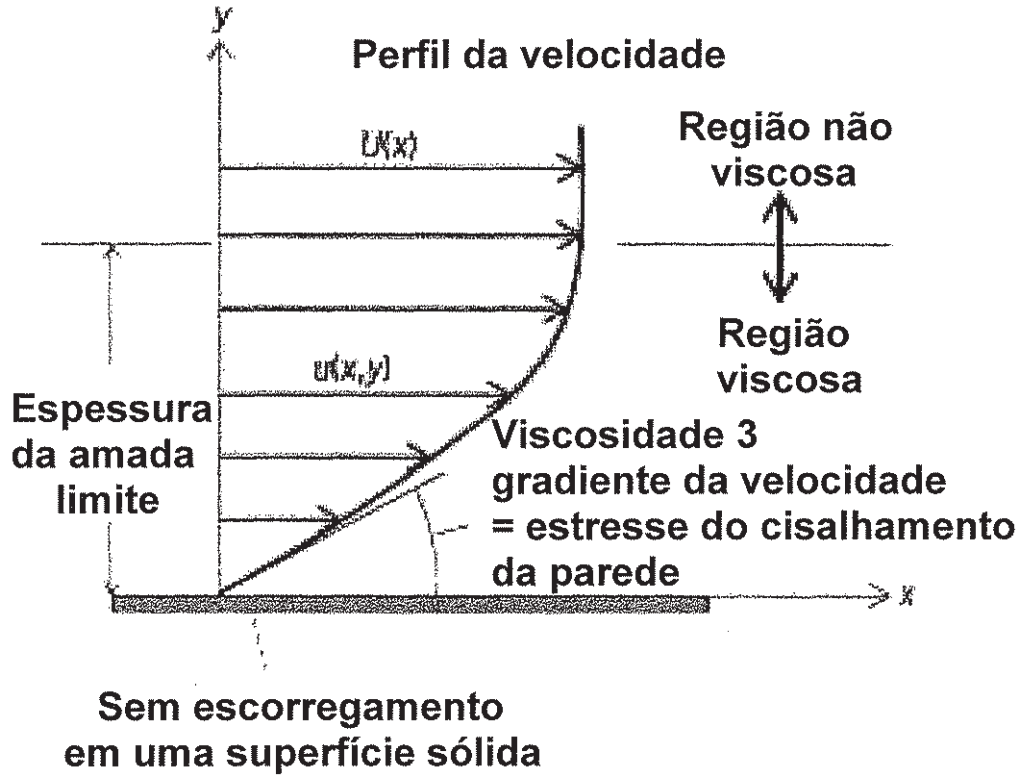


FIG. 2B

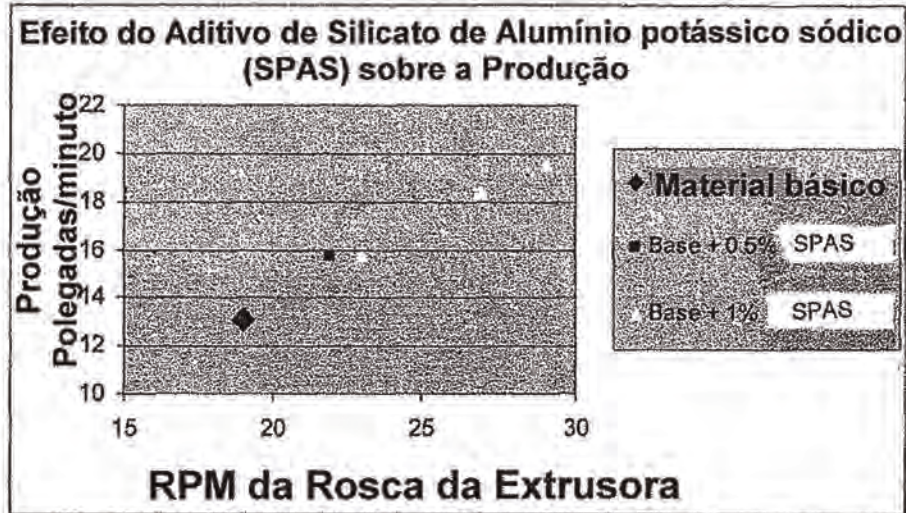


FIG. 3

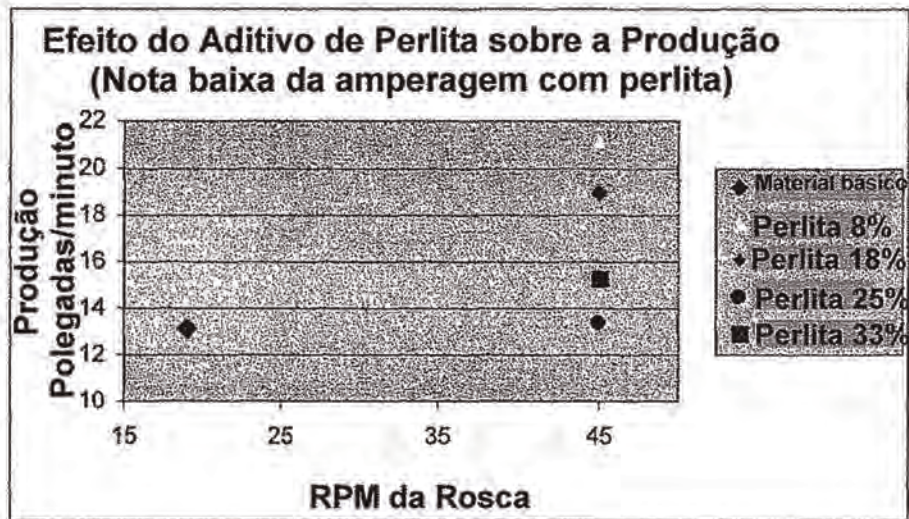
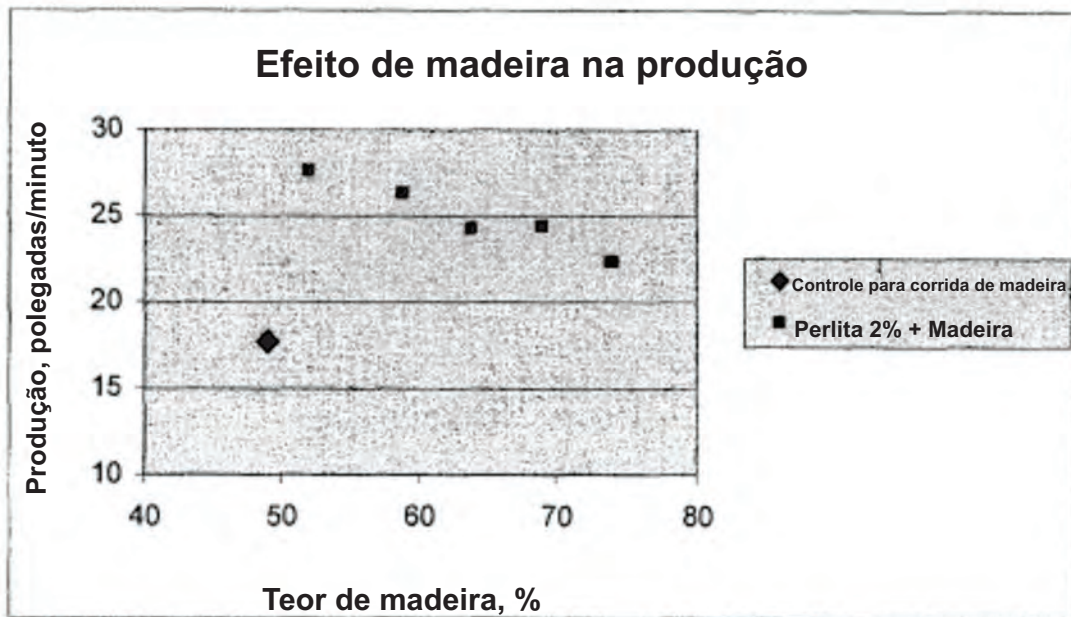


FIG. 4

**FIG. 5**

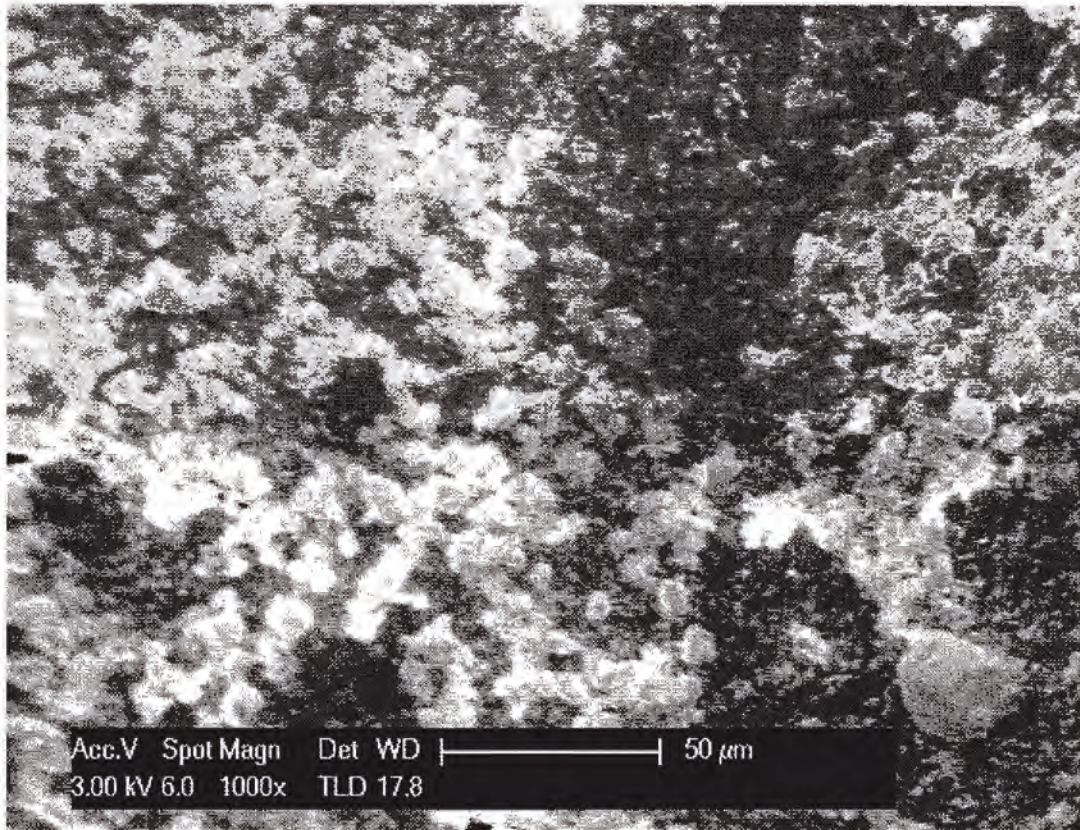


FIG. 6

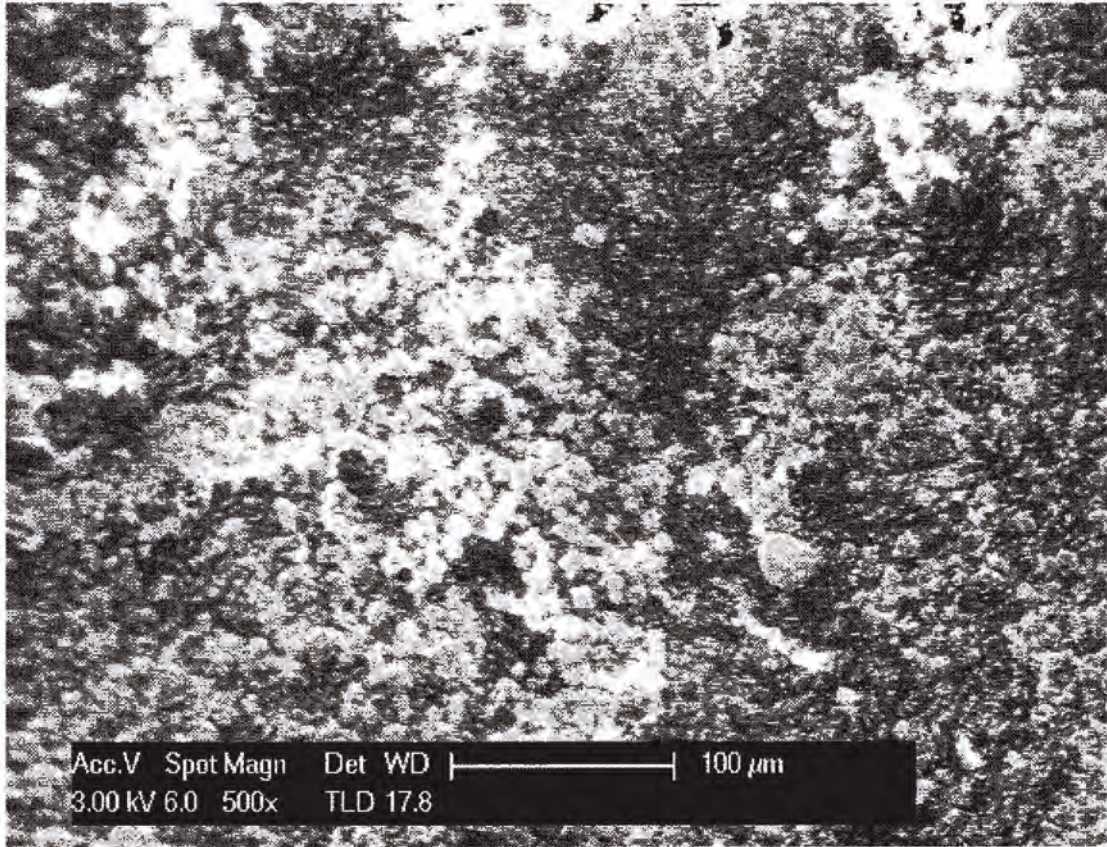


FIG. 7

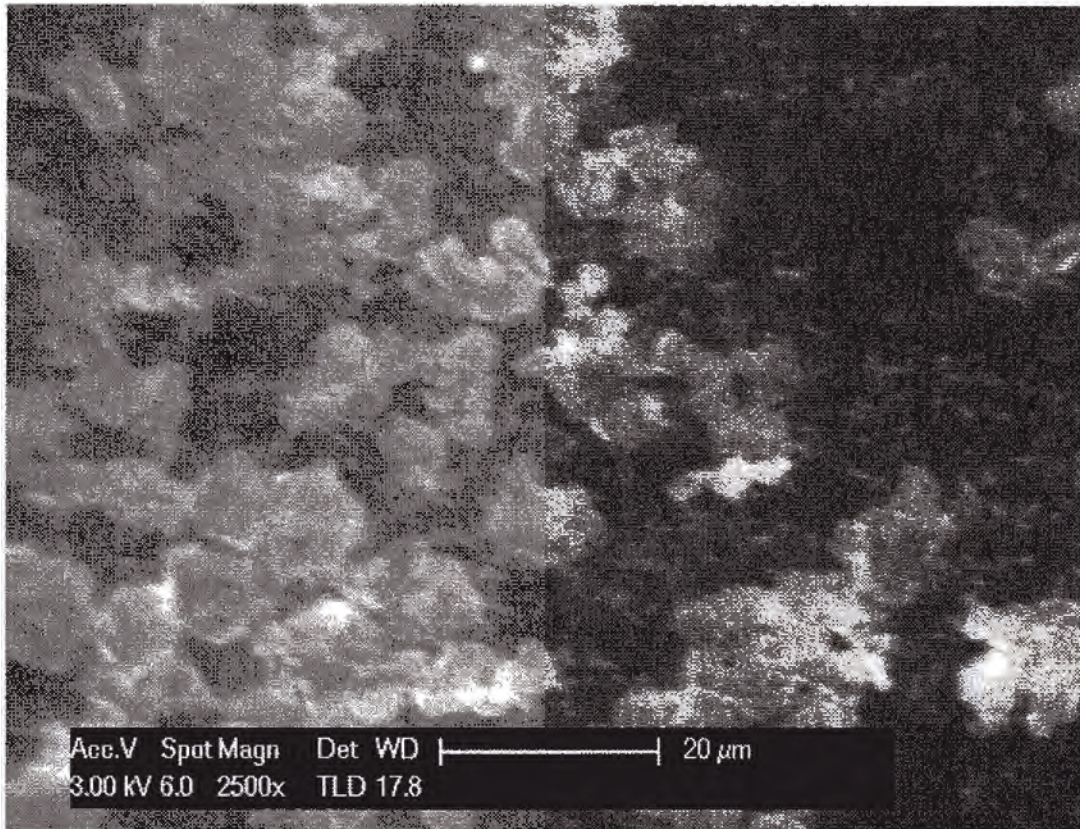


FIG. 8

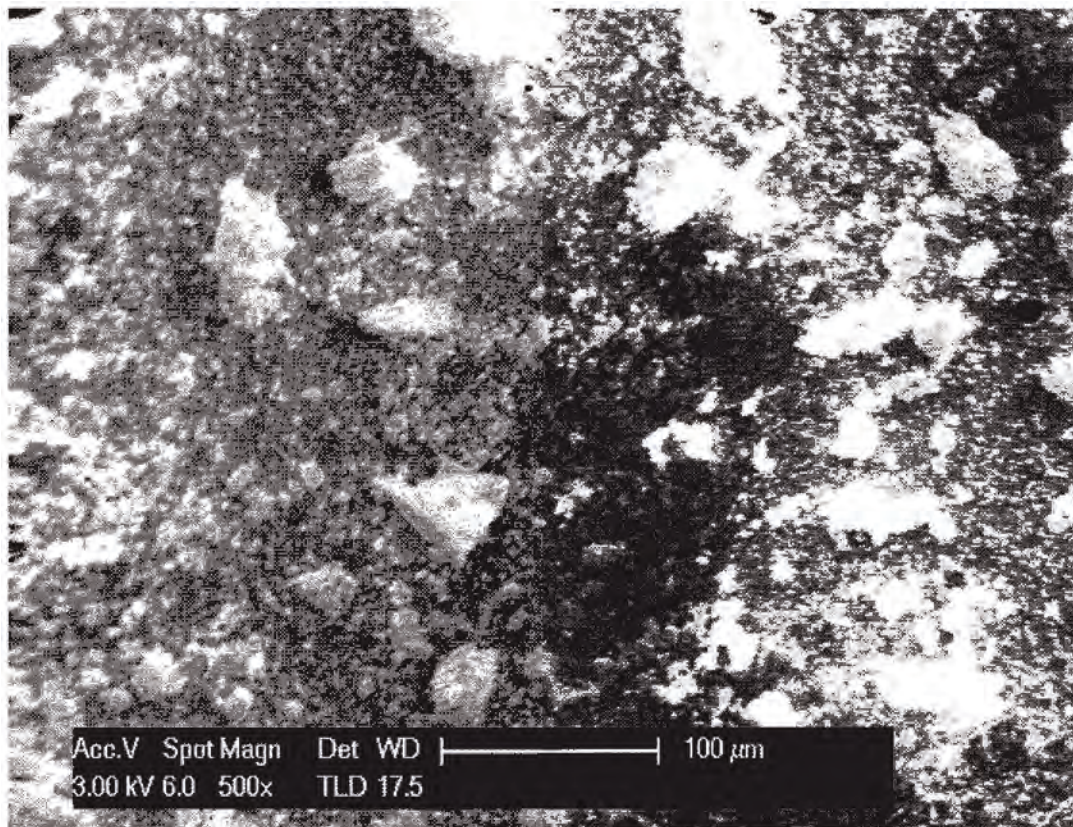


FIG. 9

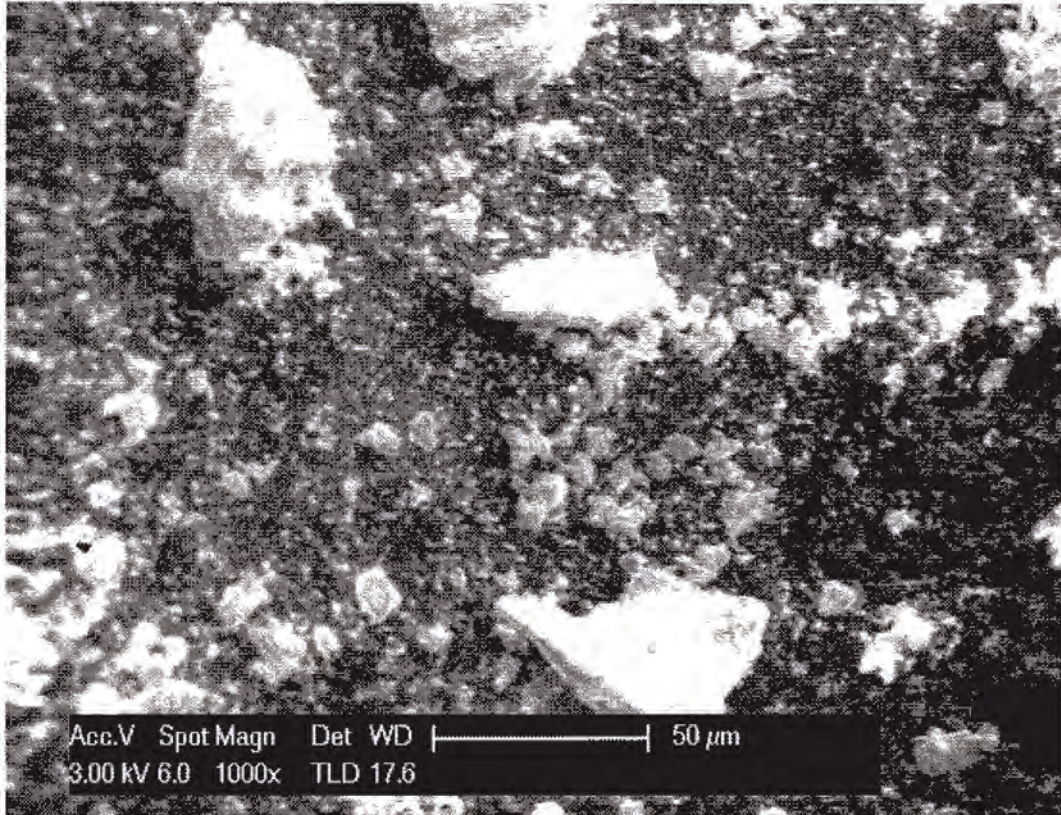


FIG. 10

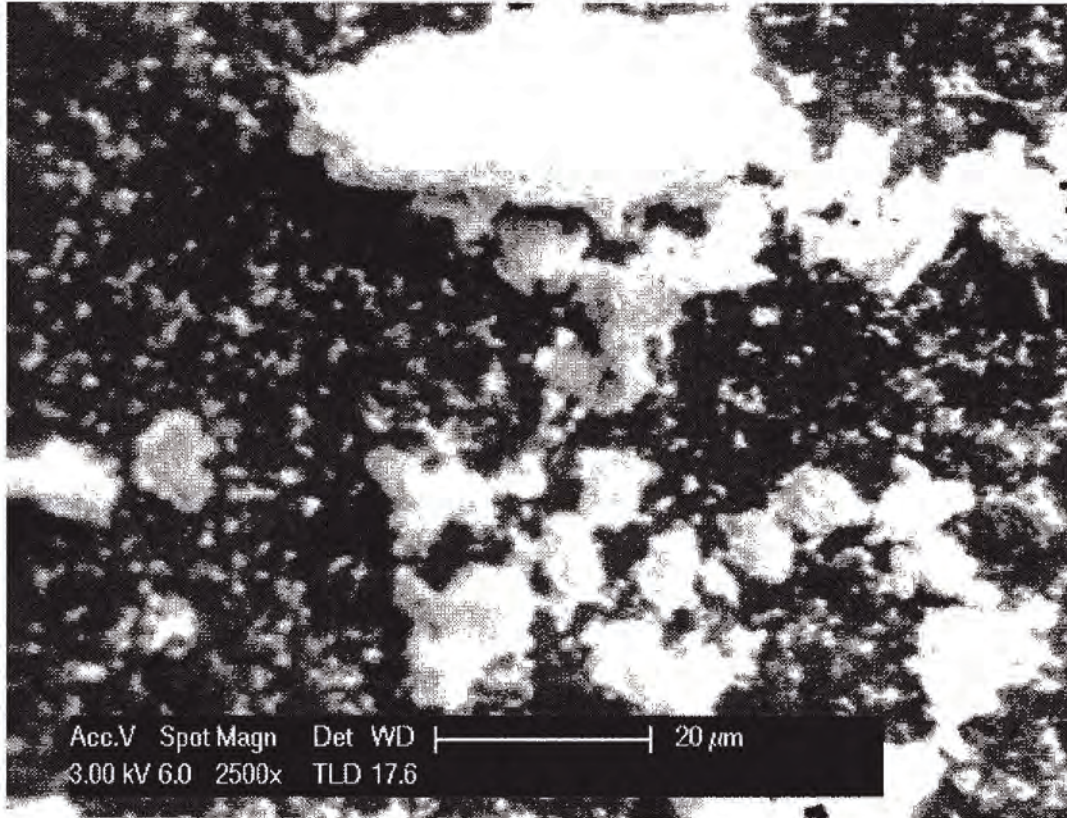


FIG. 11

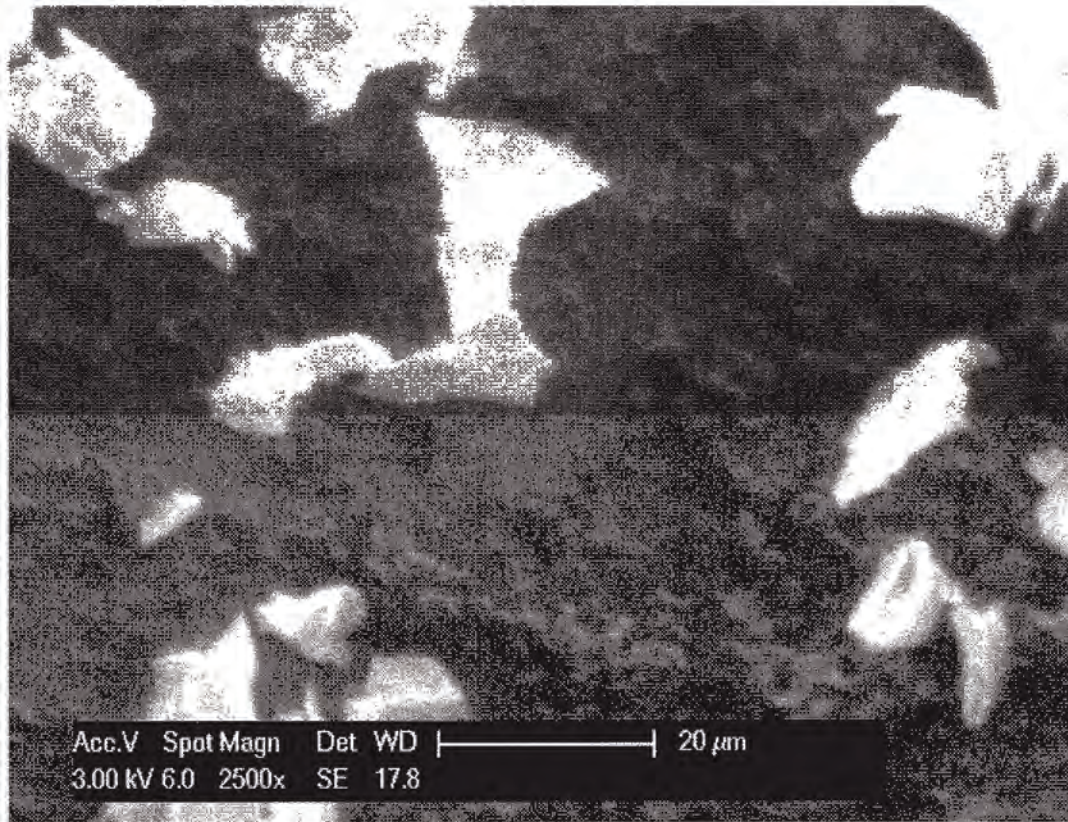


FIG. 12

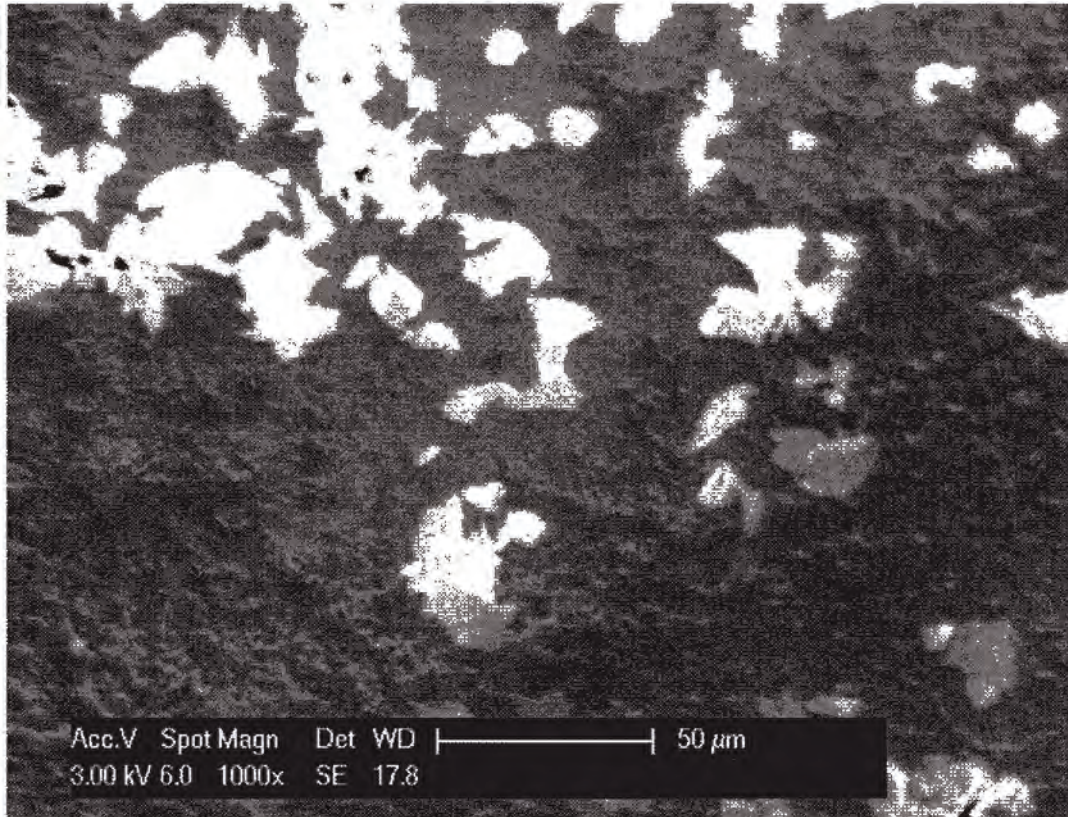


FIG. 13

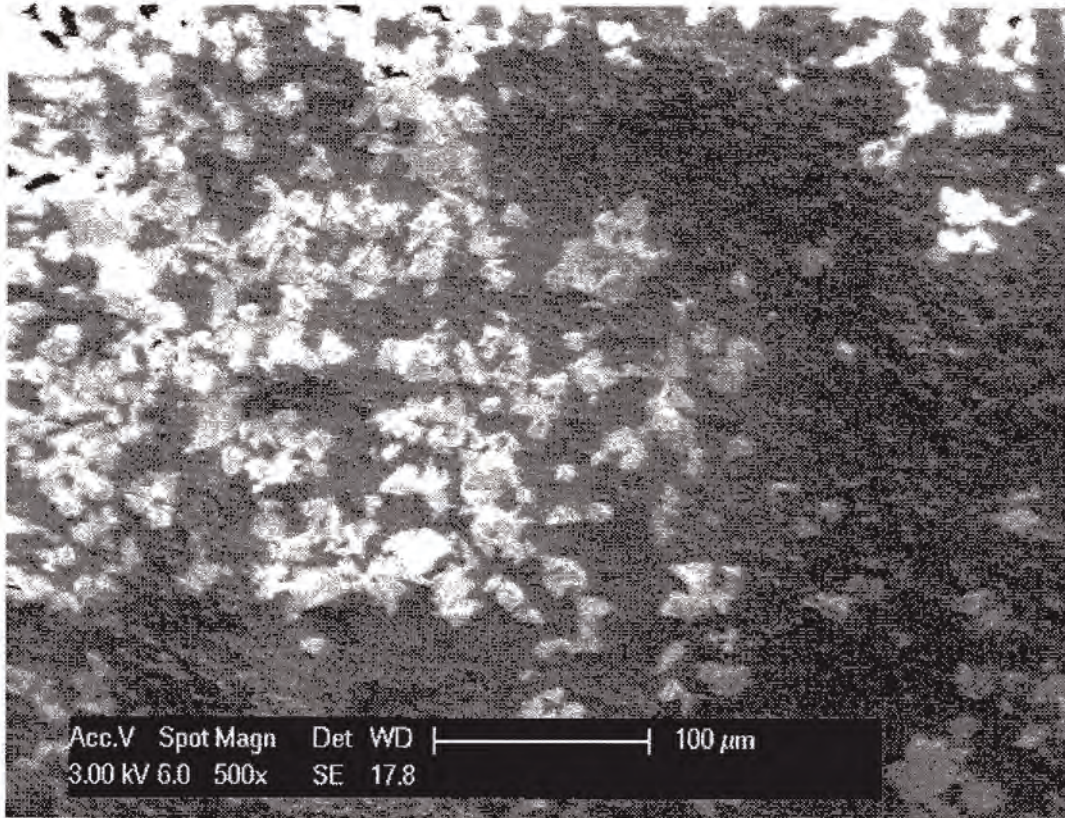


FIG. 14

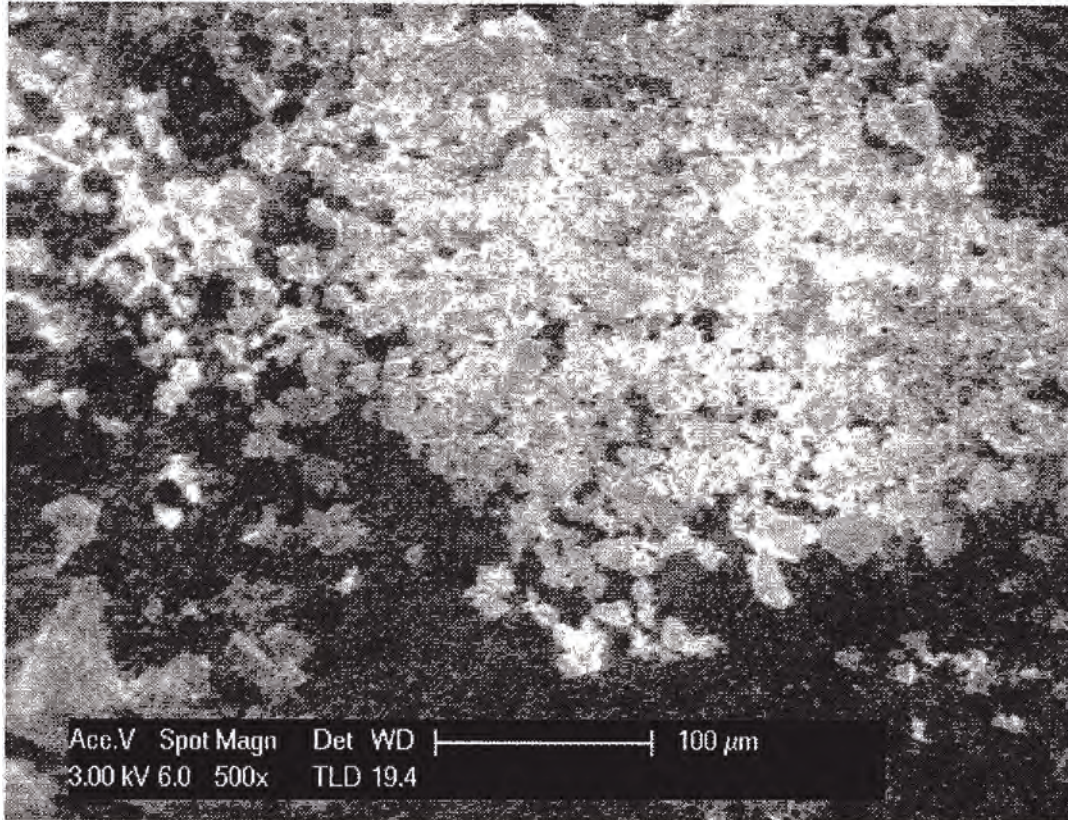


FIG. 15

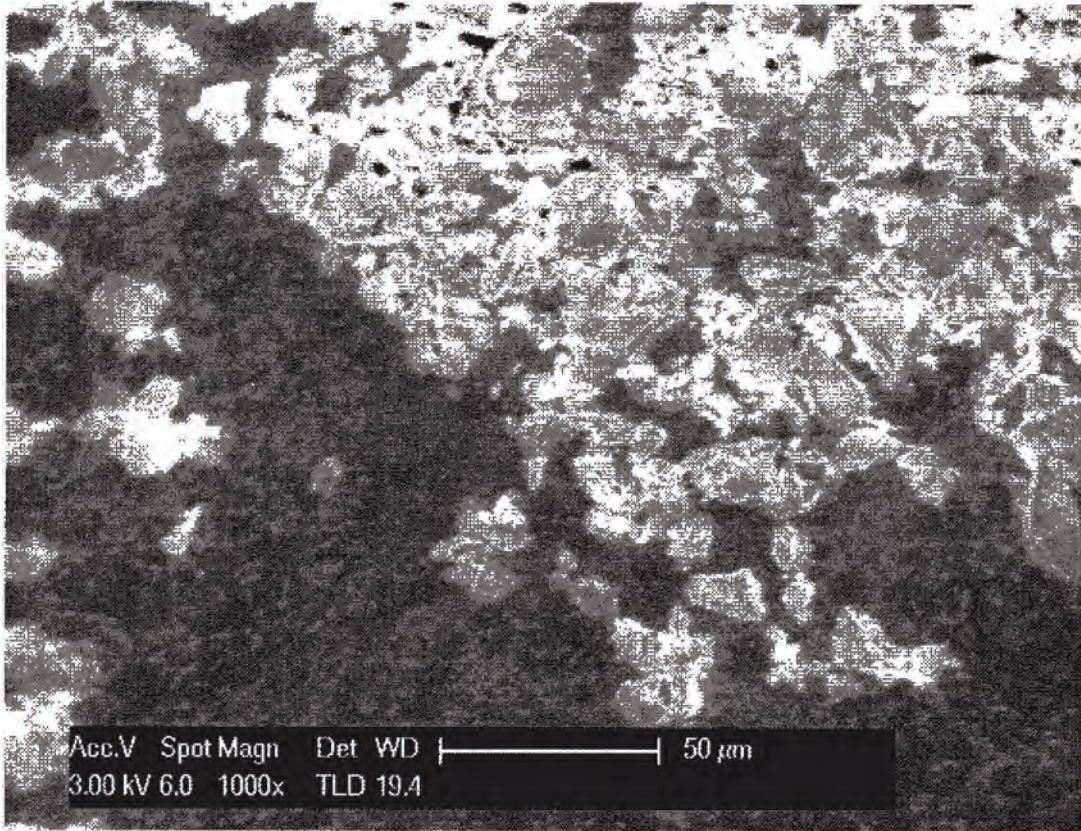


FIG. 16

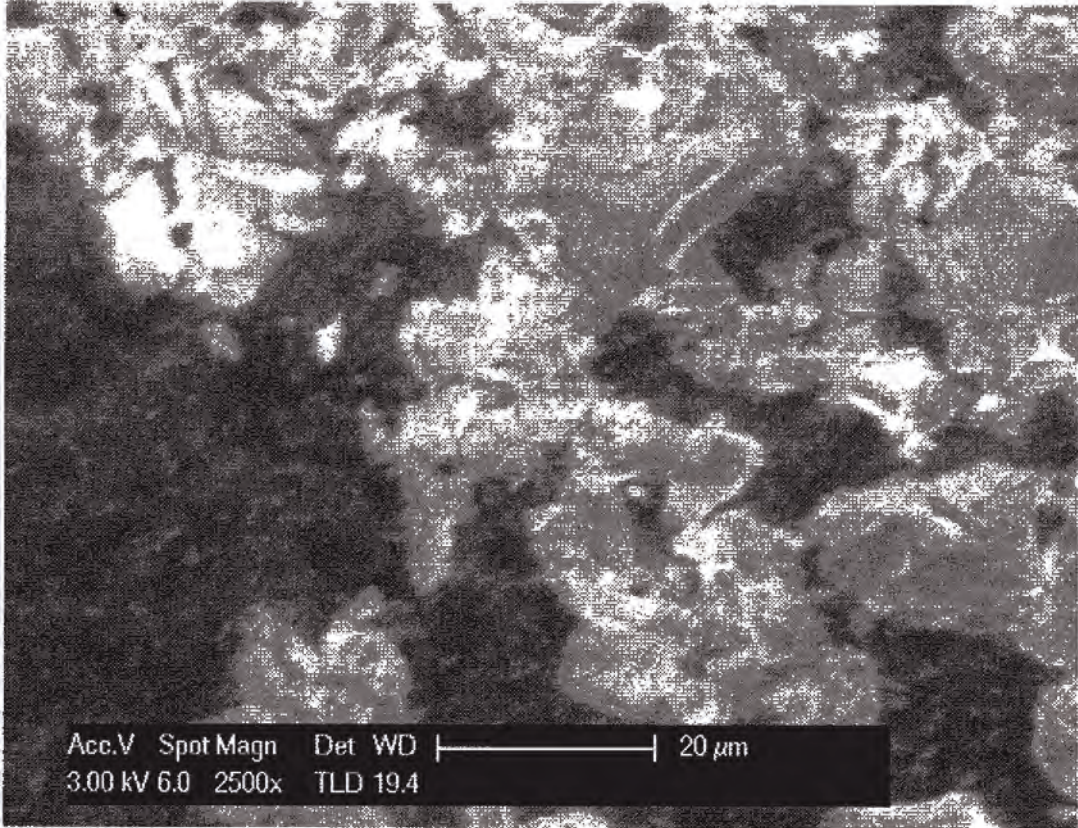


FIG. 17

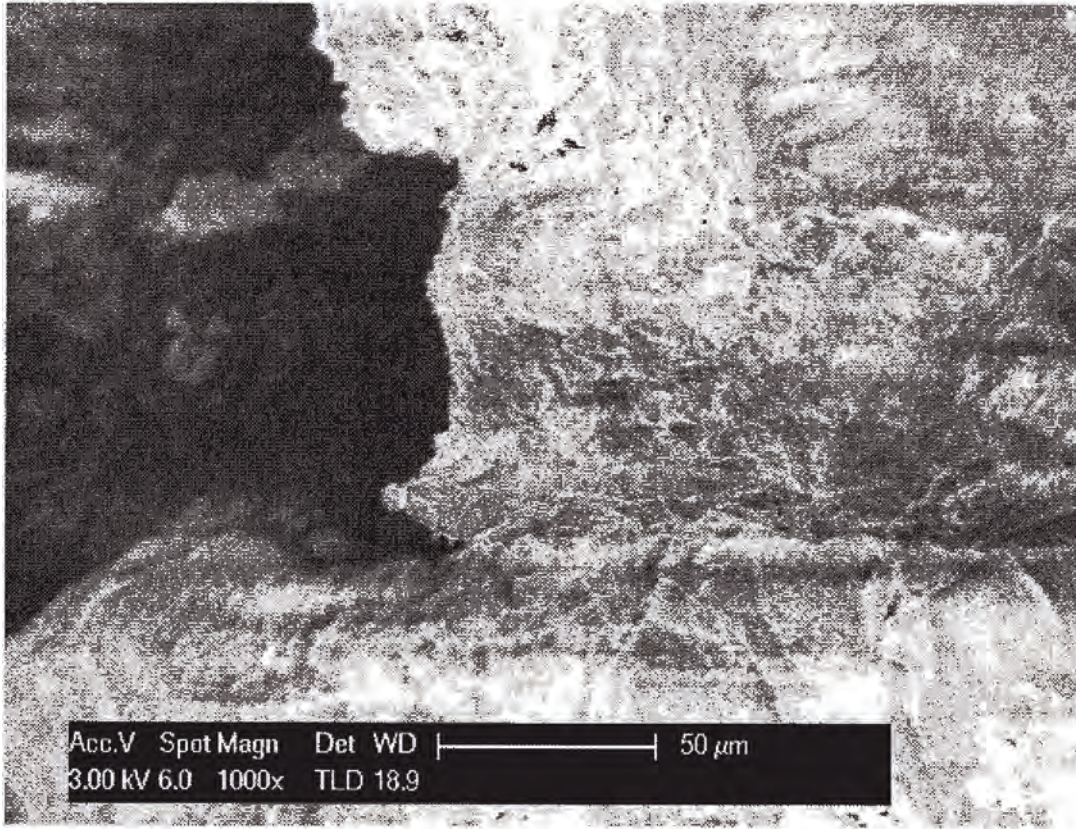


FIG. 18

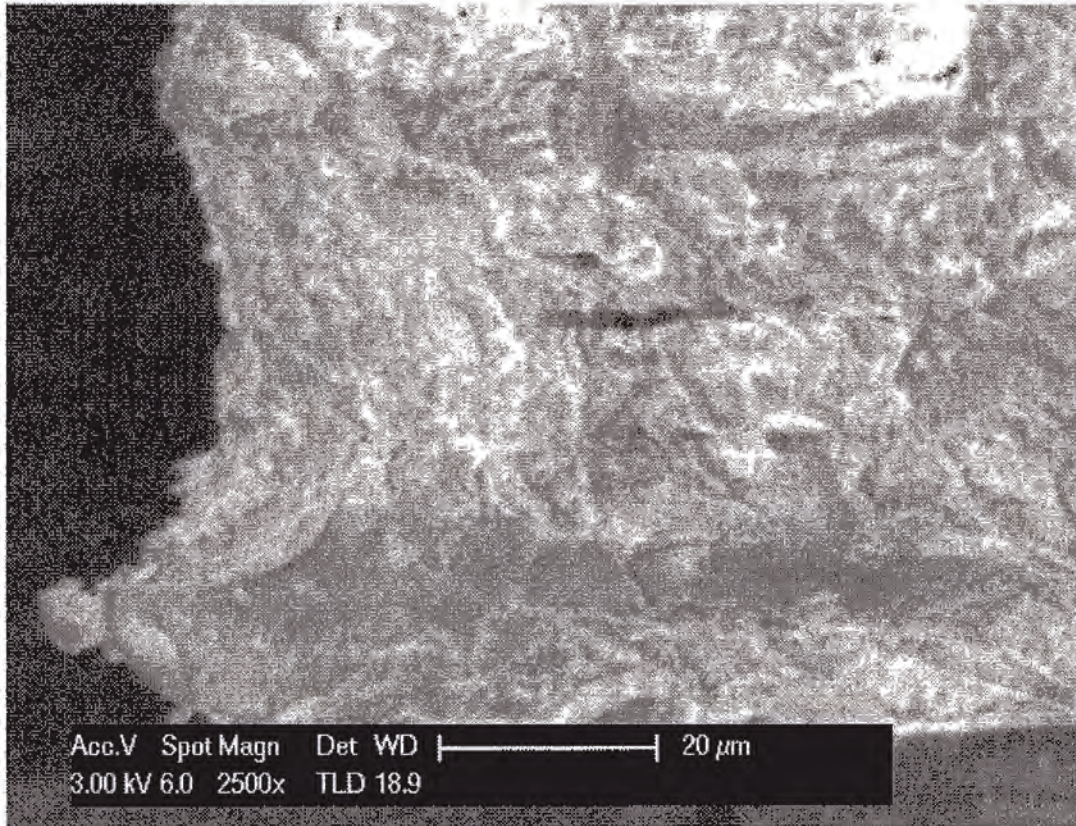


FIG. 19

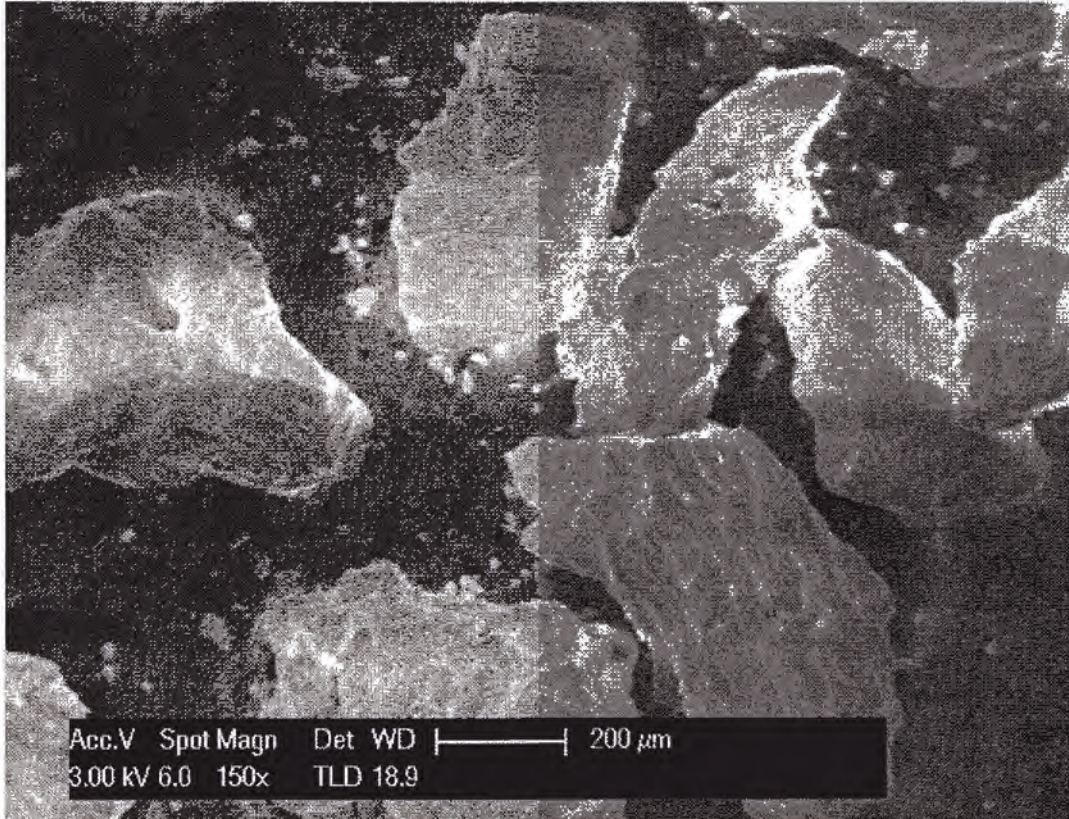


FIG. 20

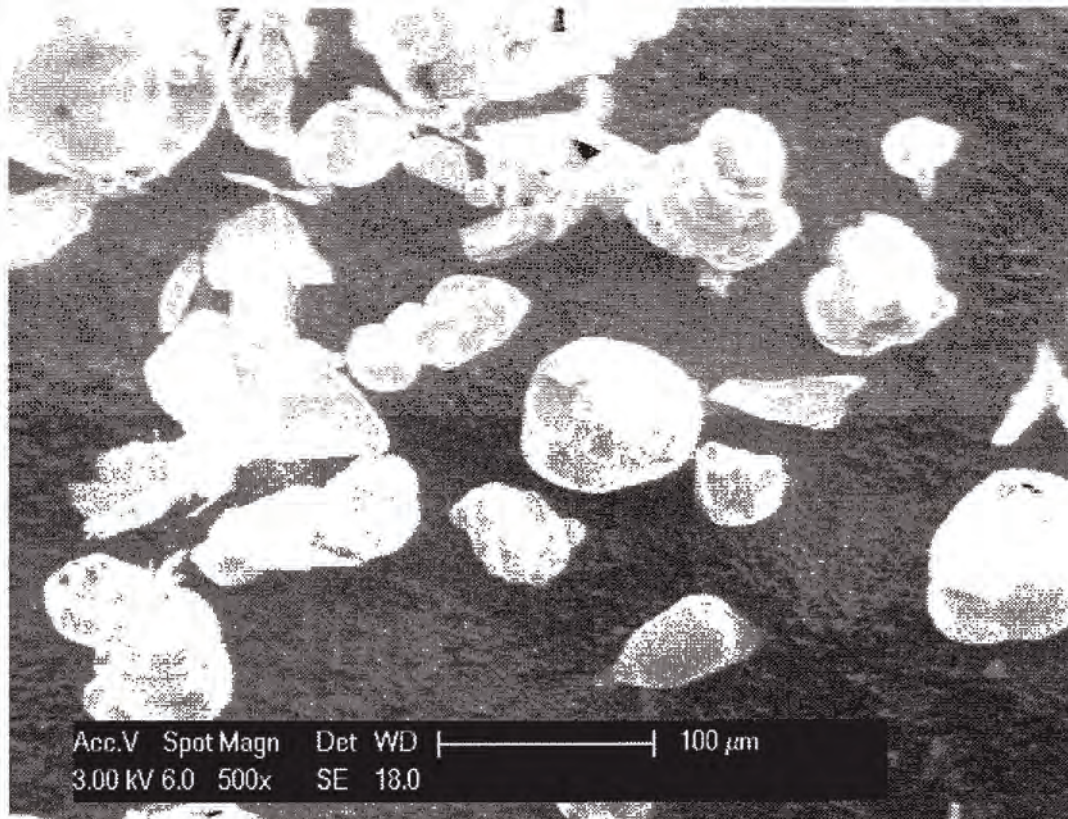


FIG. 21

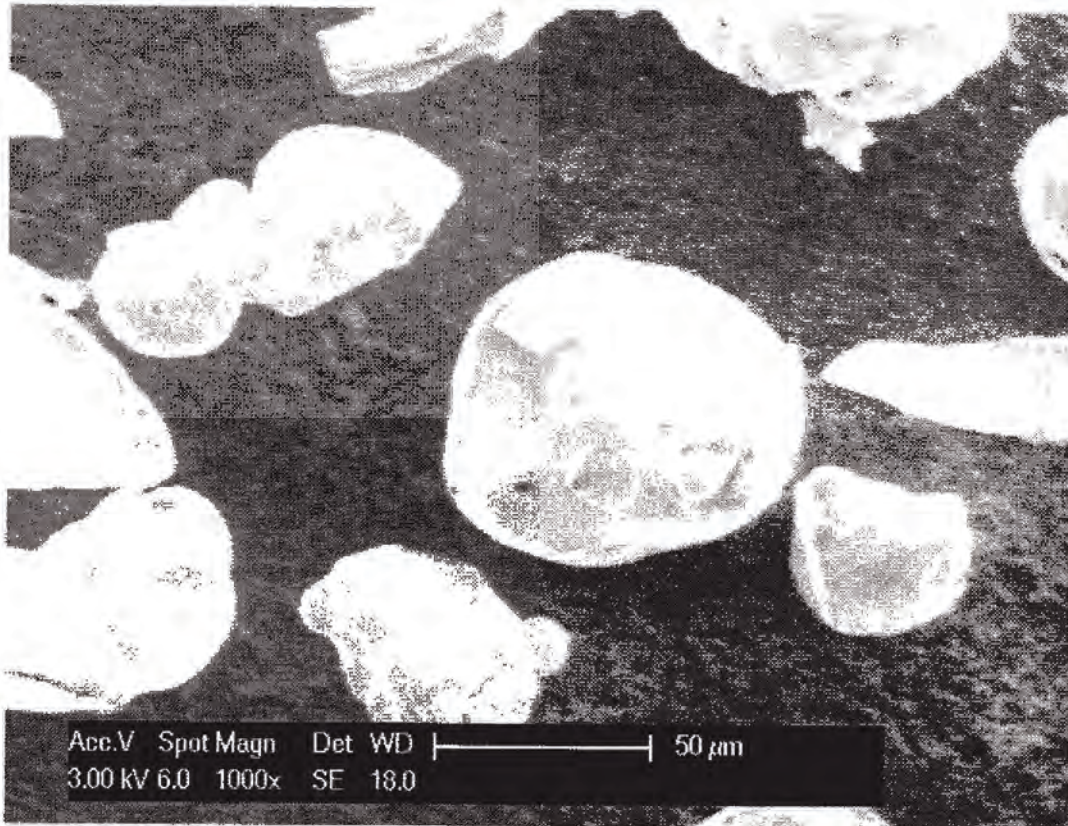


FIG. 22

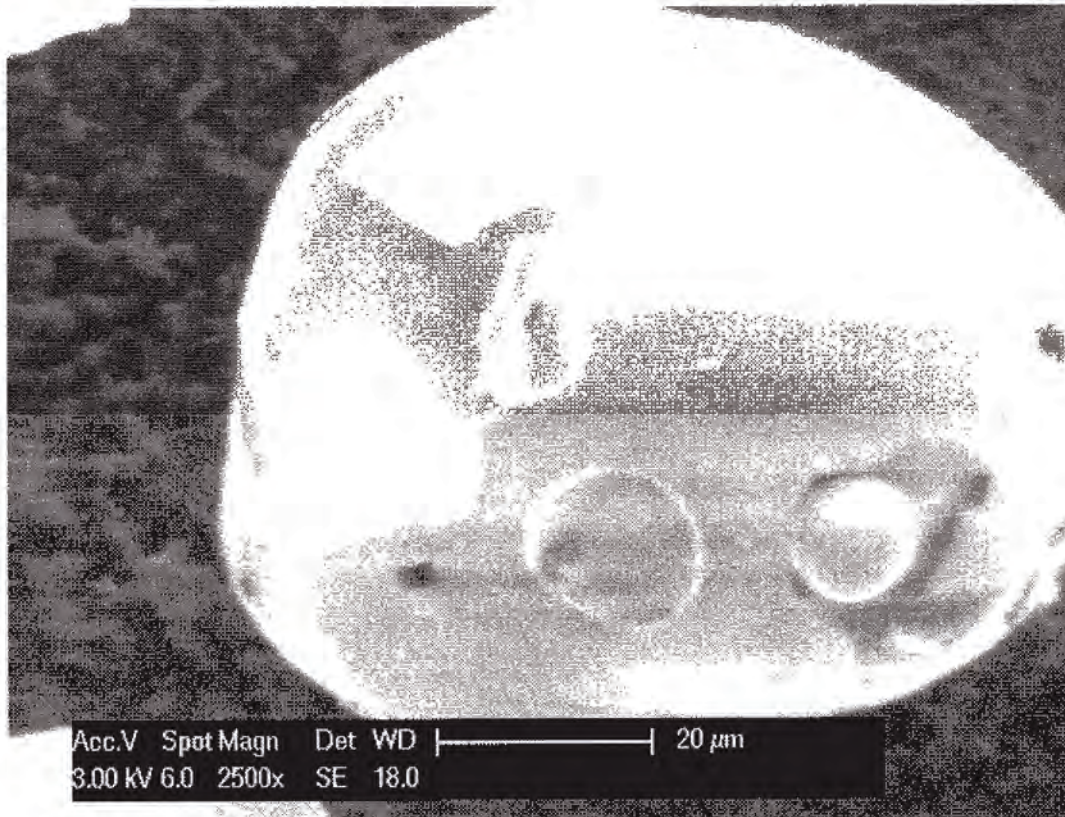


FIG. 23

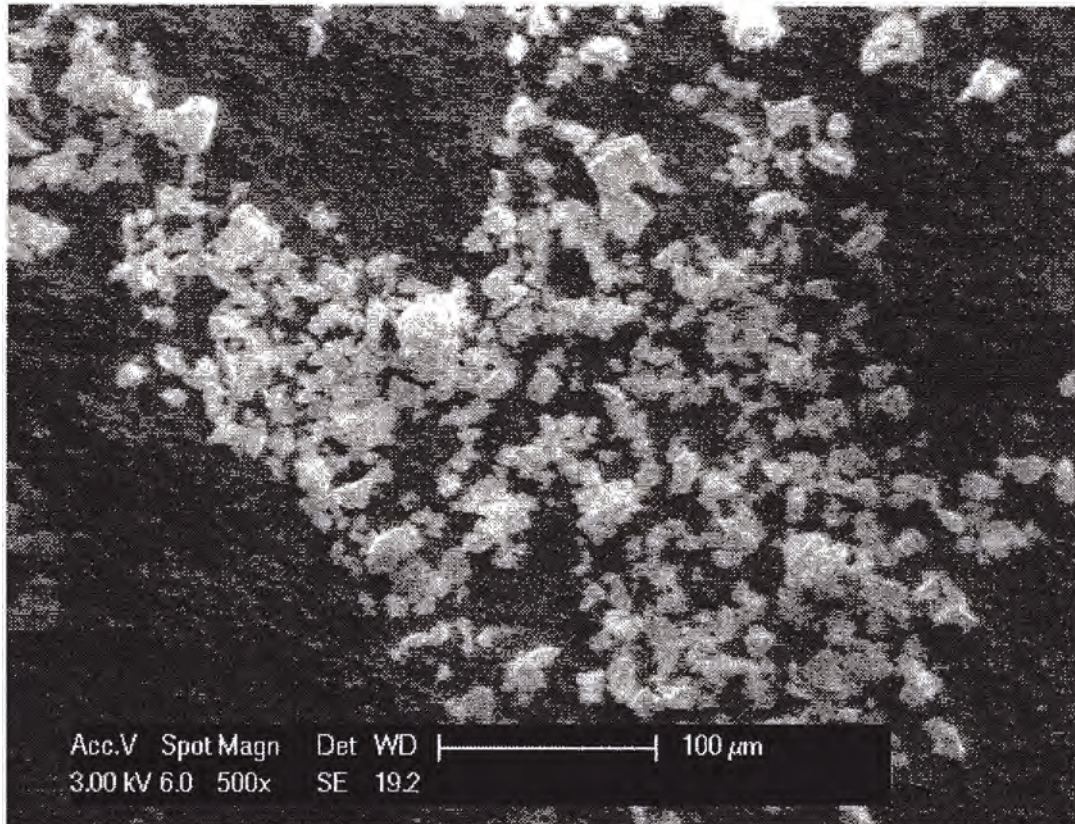


FIG. 24

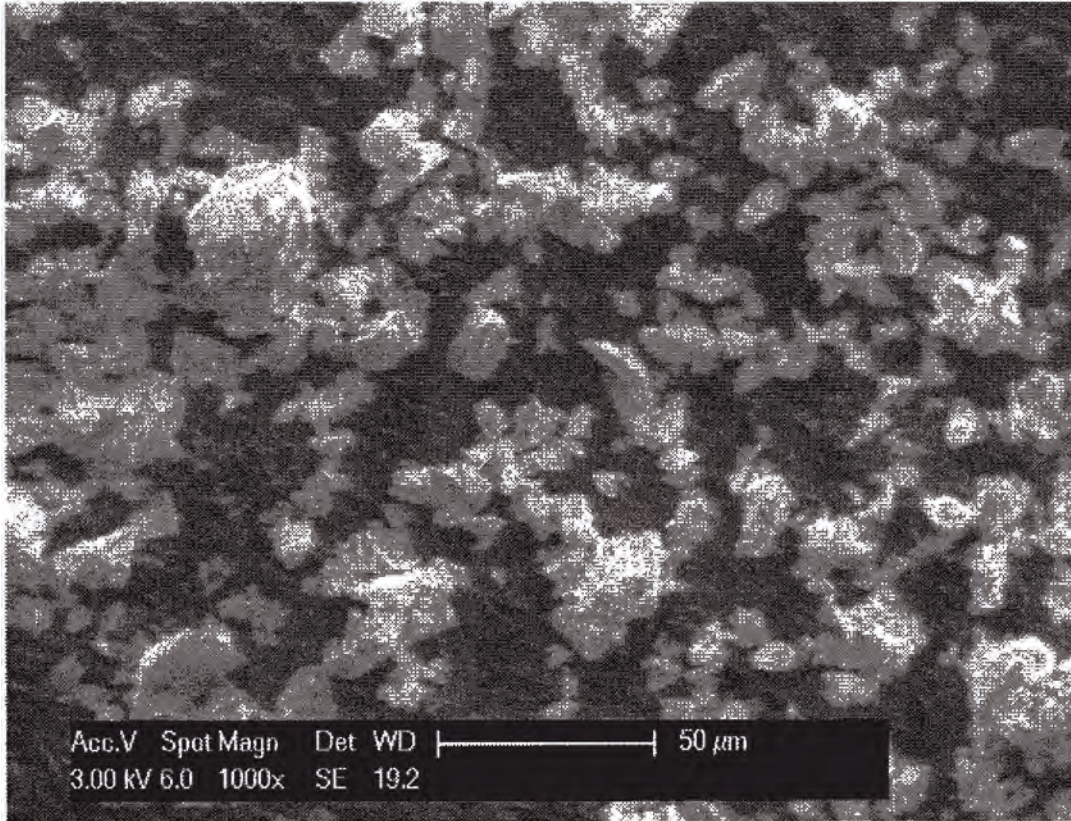


FIG. 25

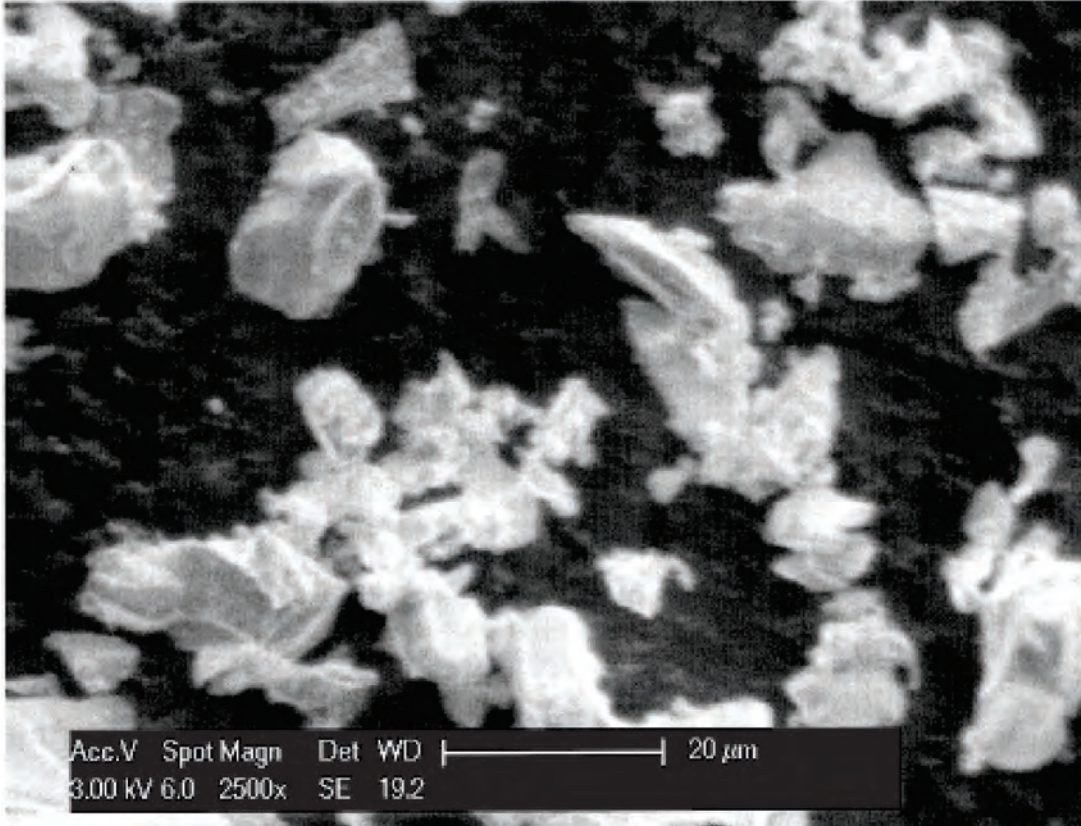


FIG. 26

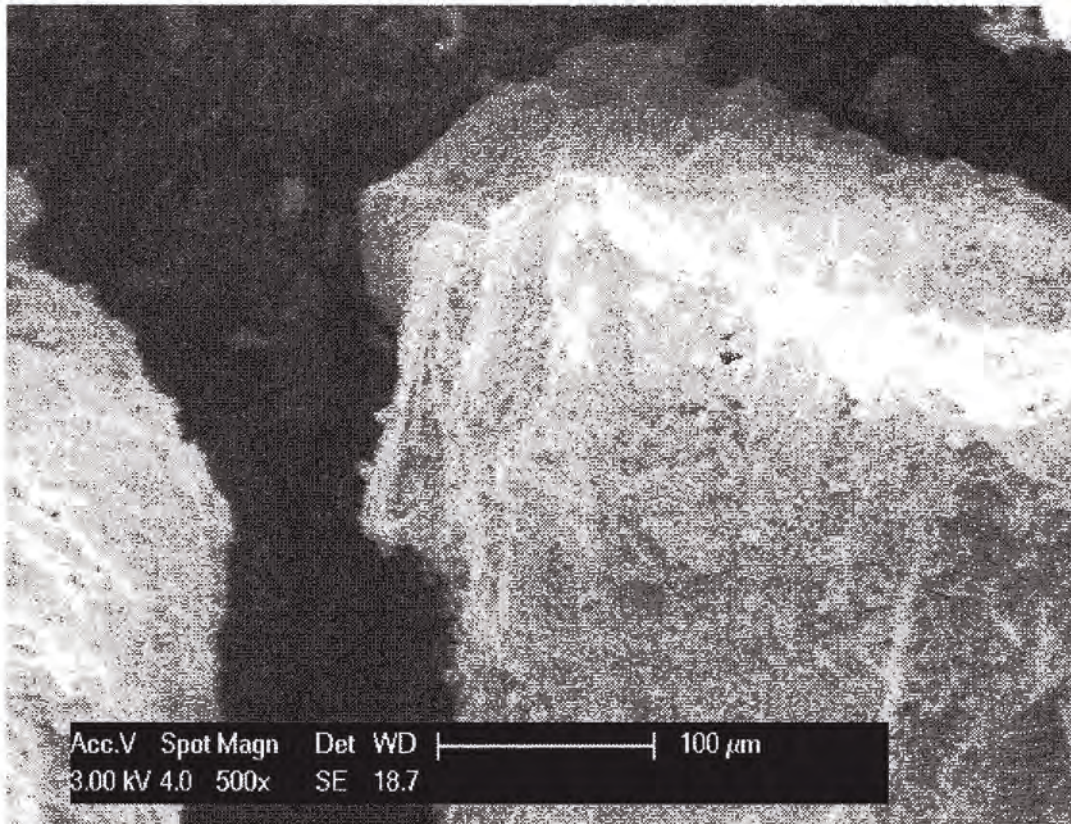


FIG. 27

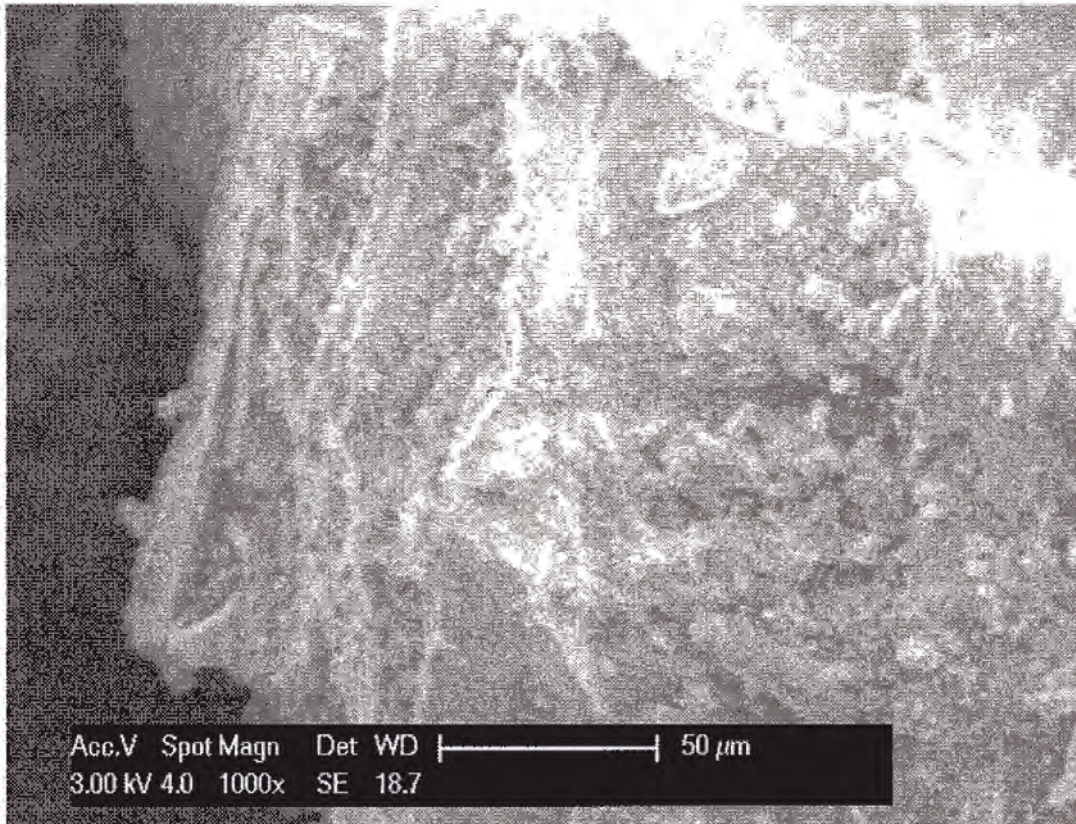


FIG. 28

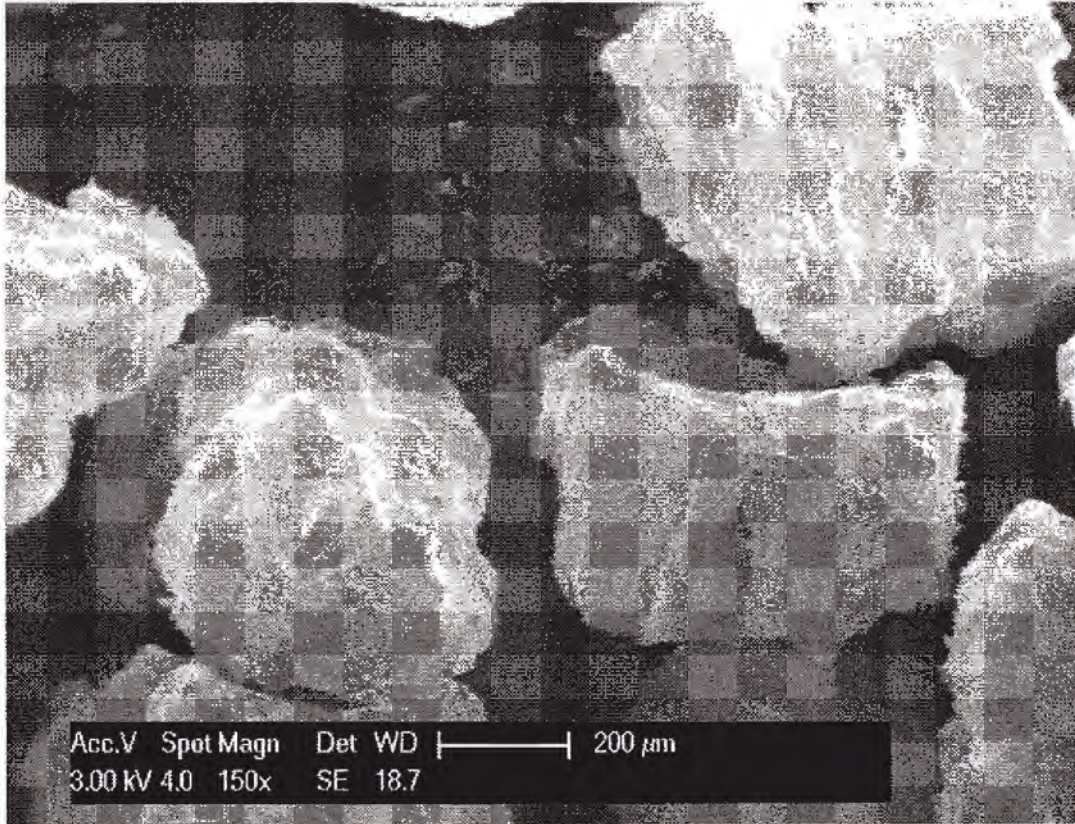


FIG. 29

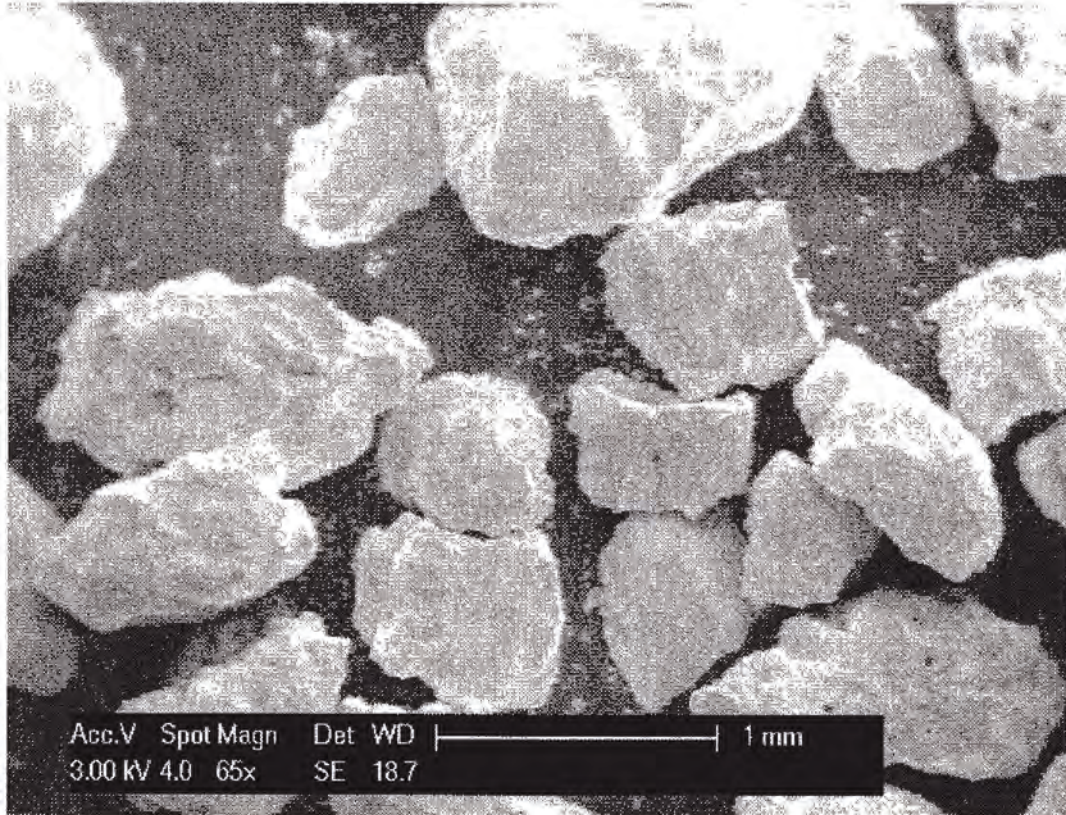


FIG. 30

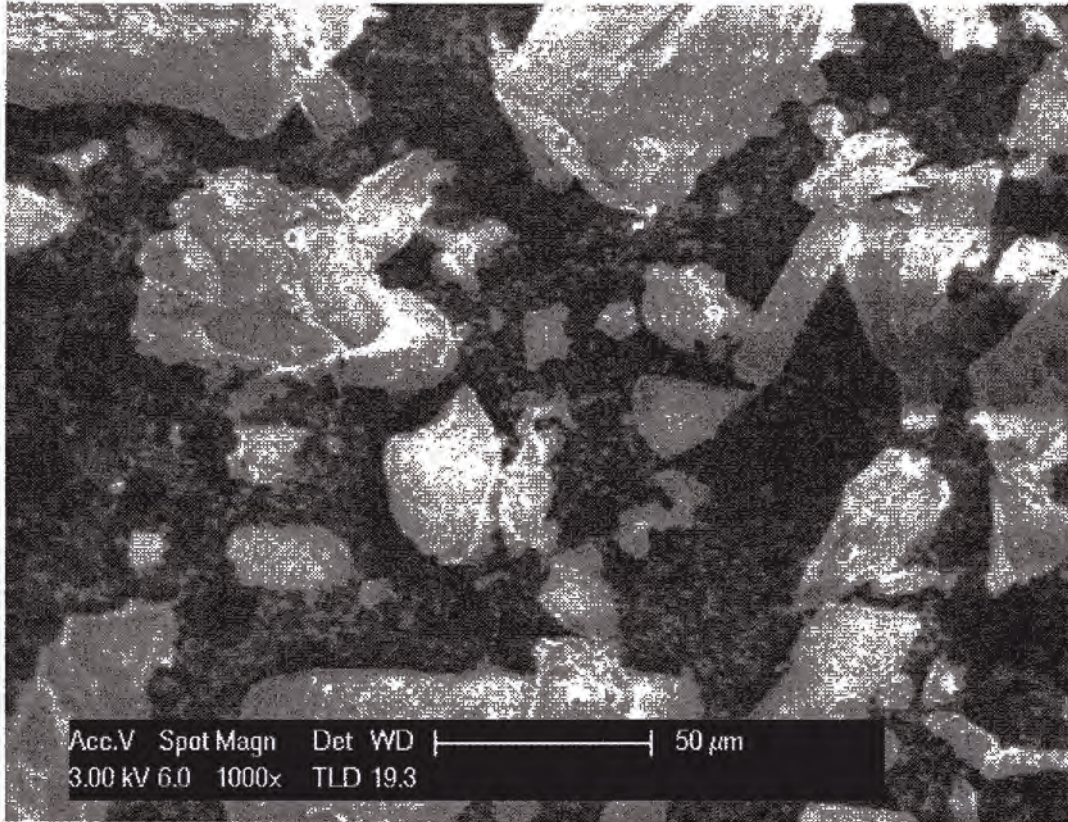


FIG. 31

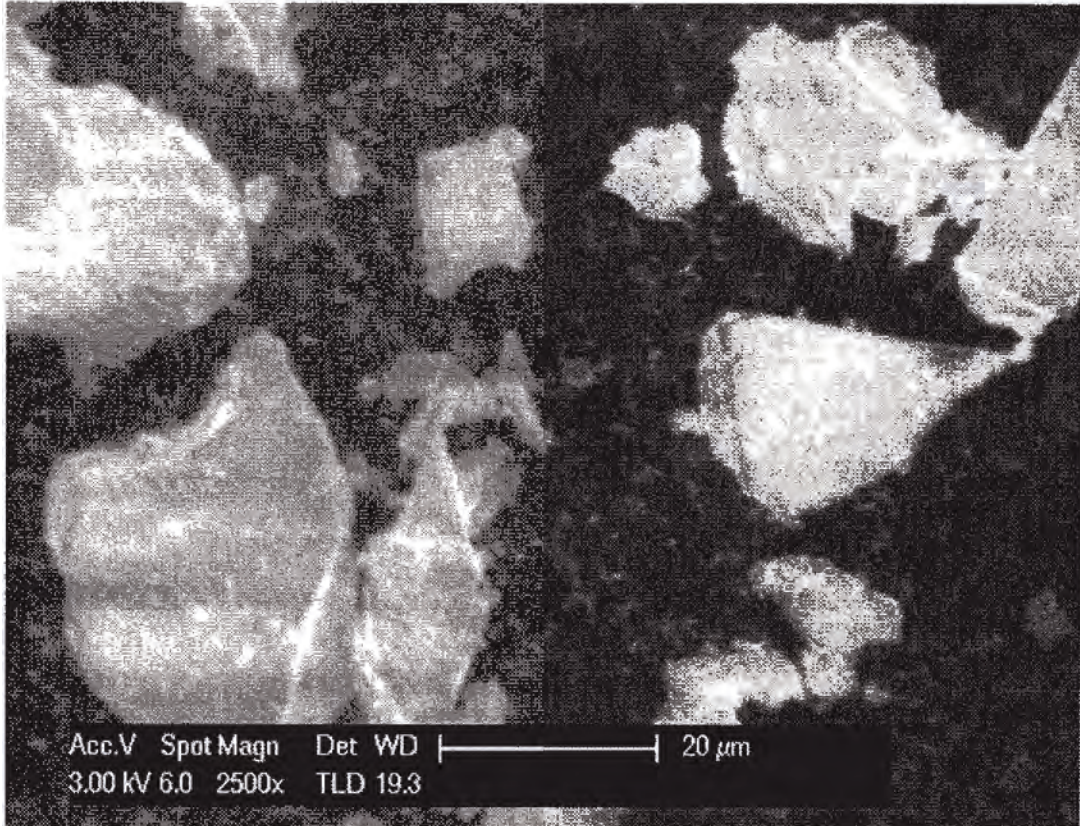


FIG. 32

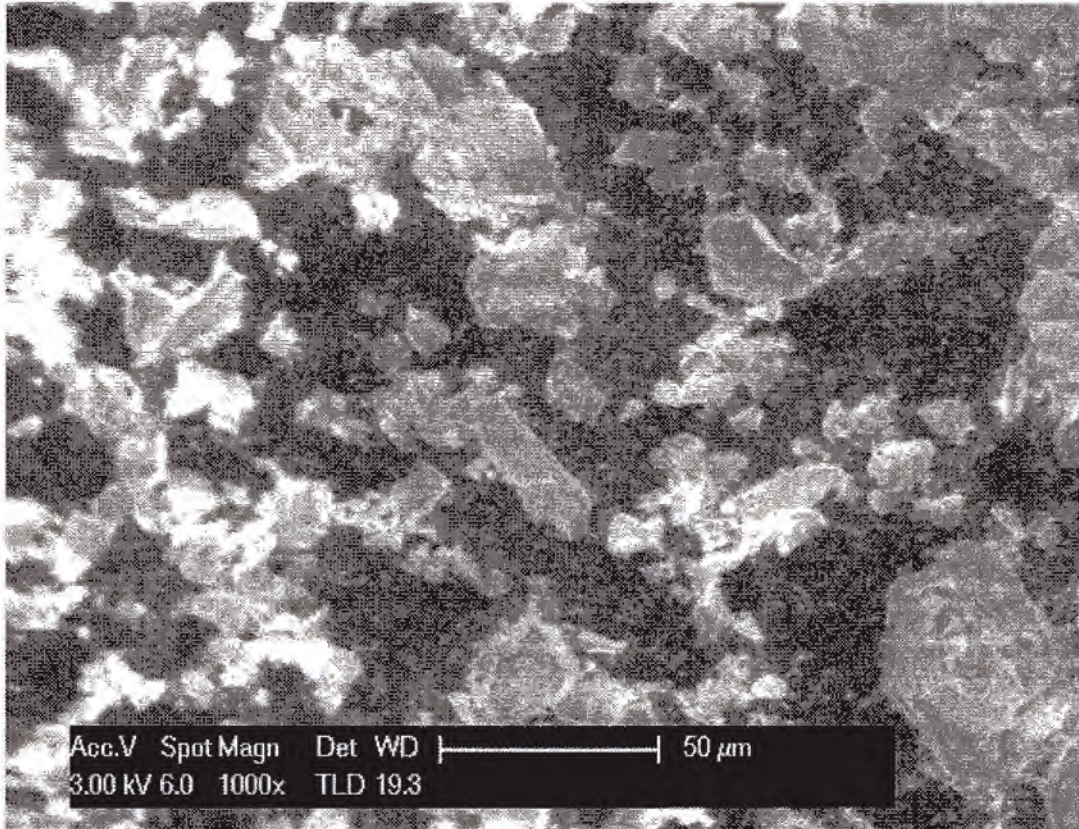


FIG. 33

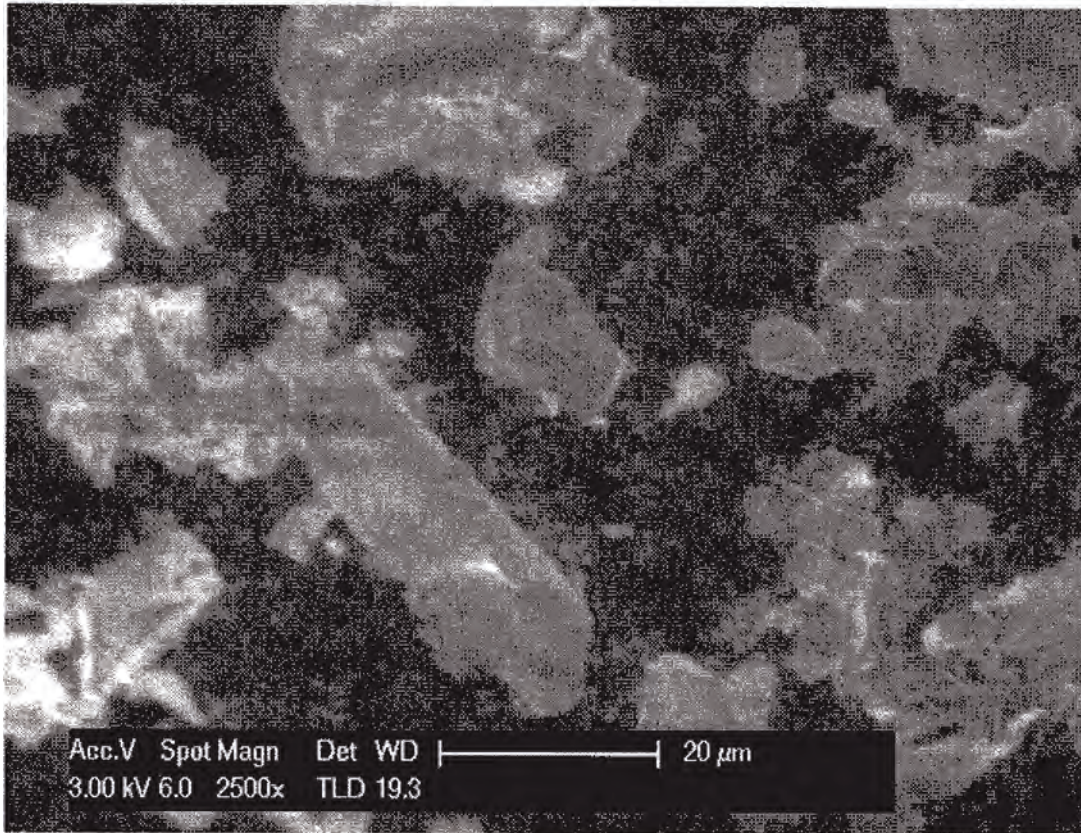


FIG. 34

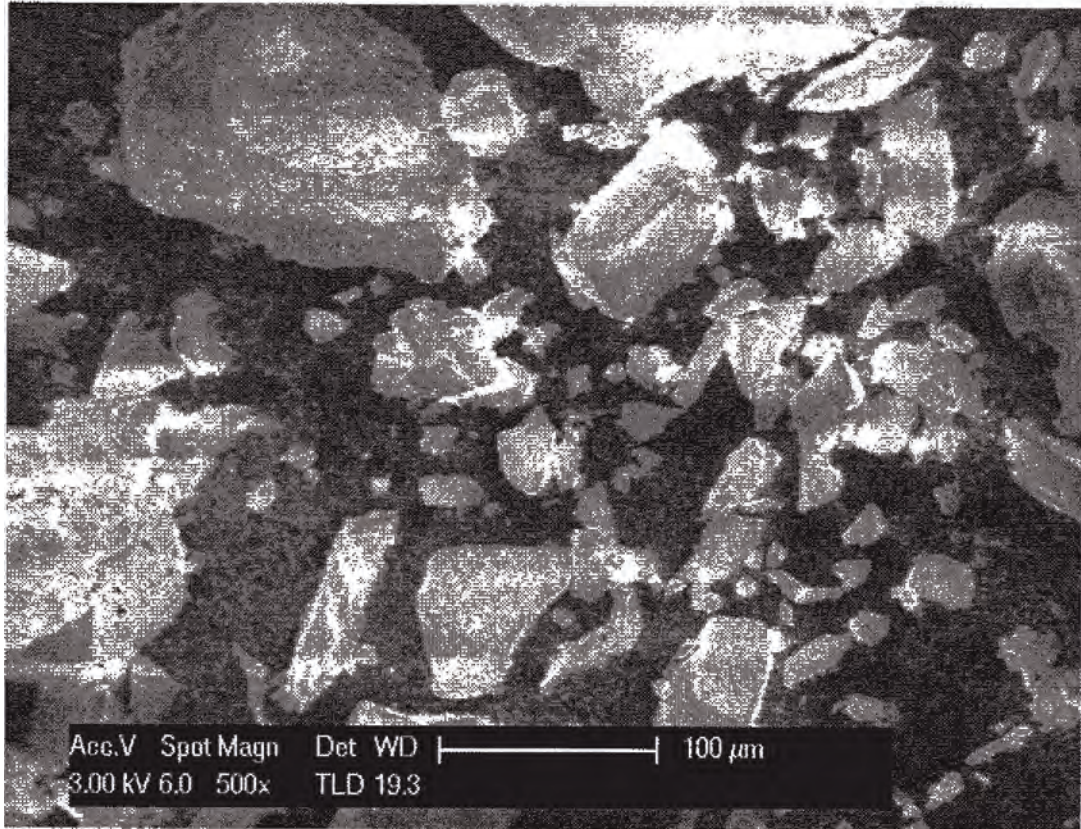


FIG. 35

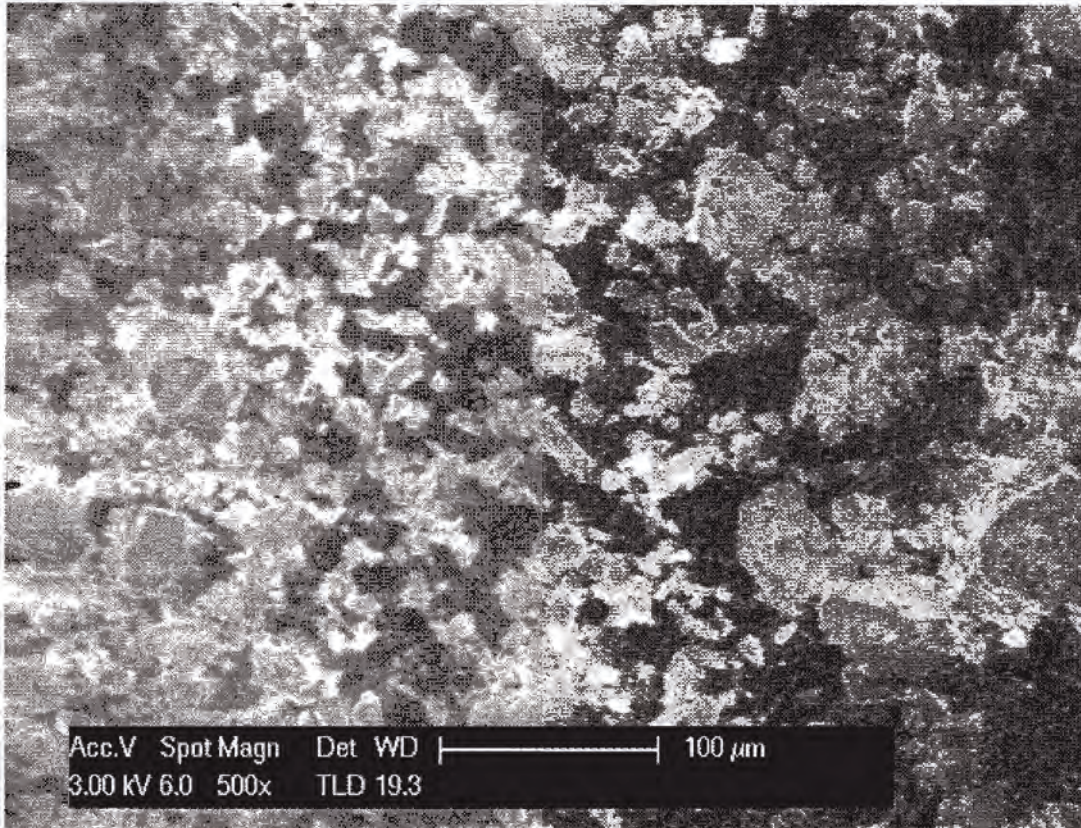


FIG. 36

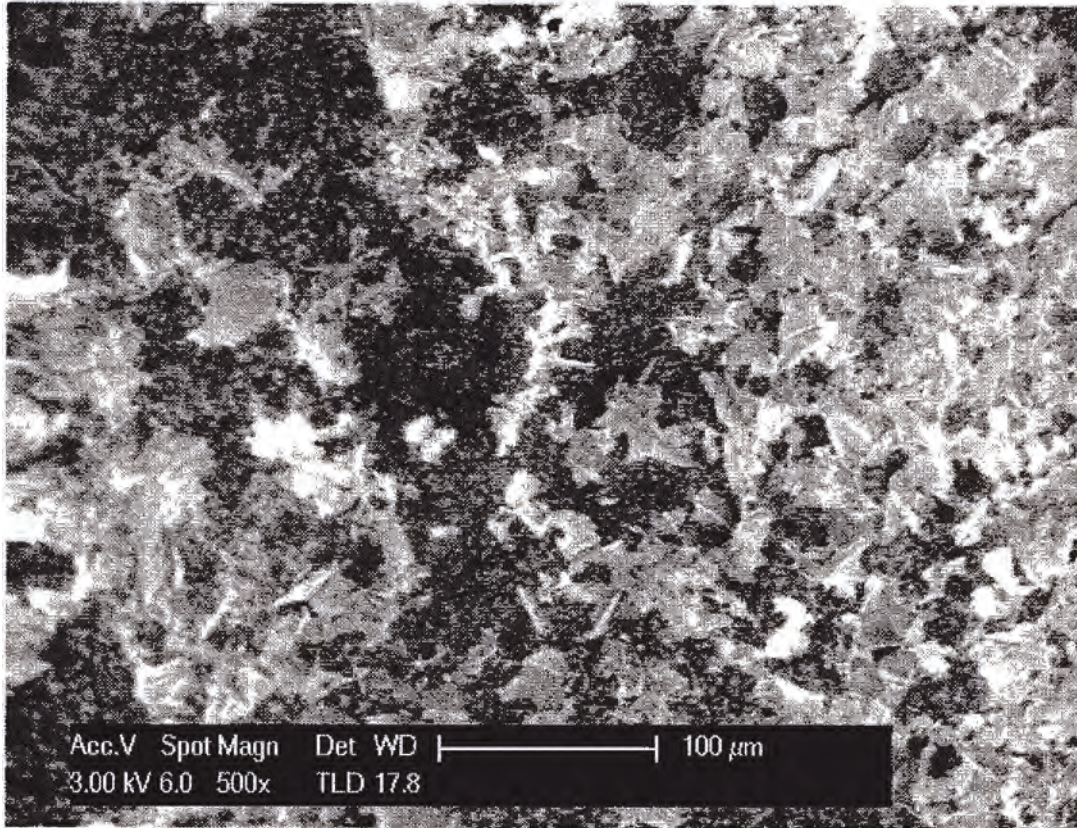


FIG. 37

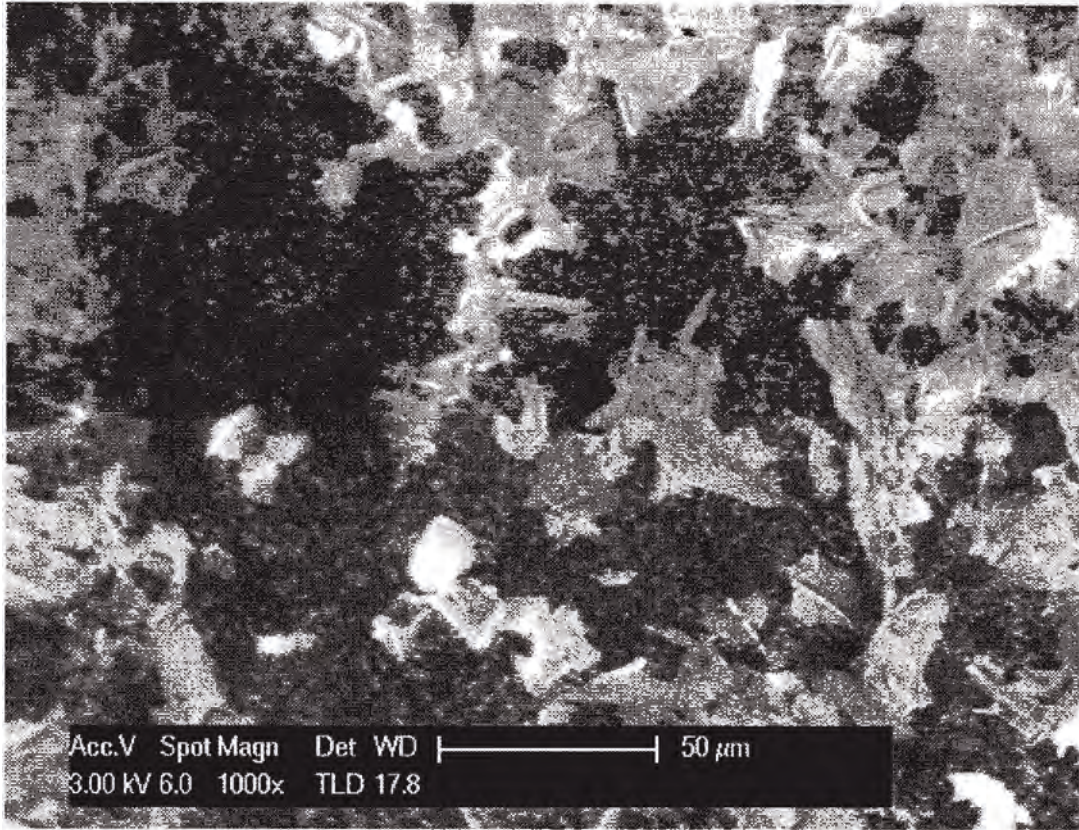


FIG. 38

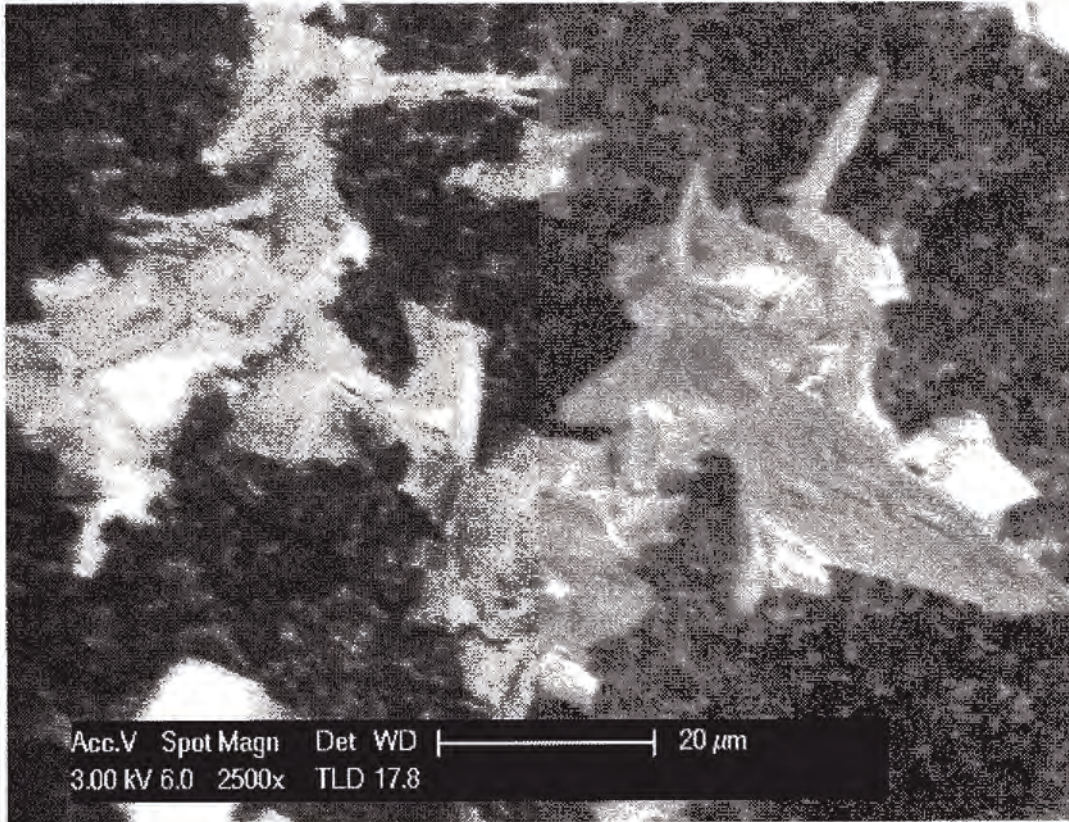


FIG. 39

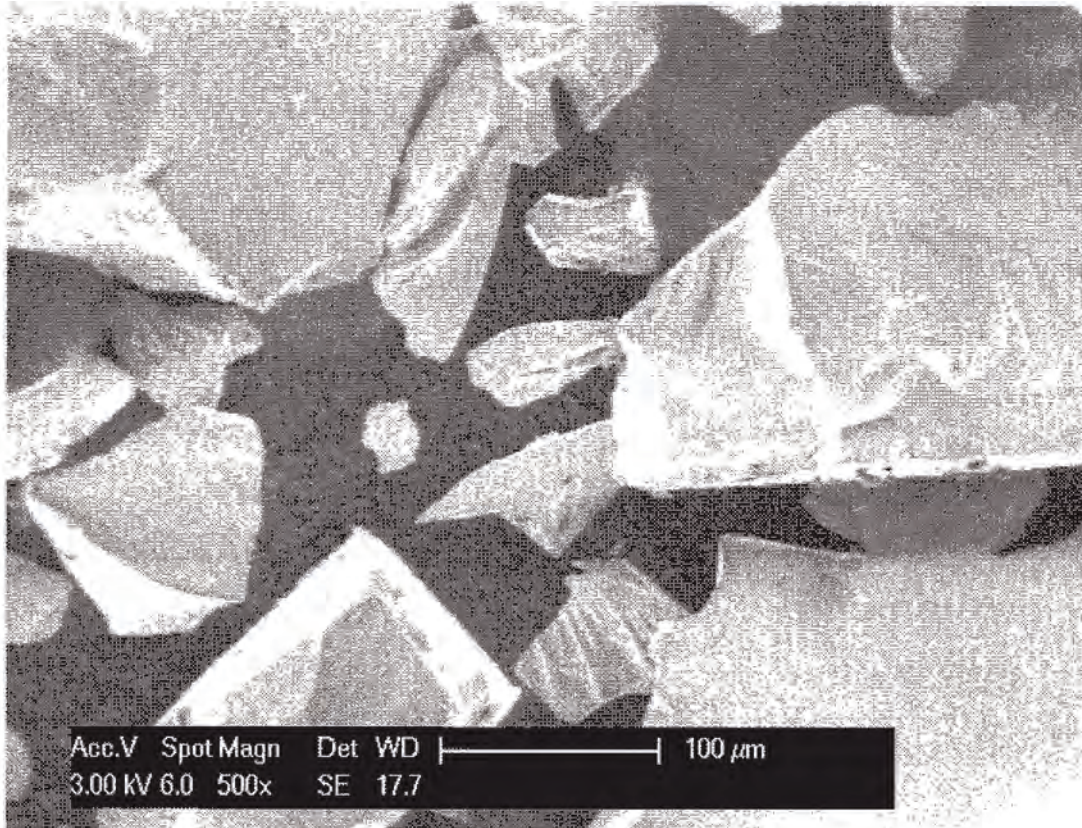


FIG. 40

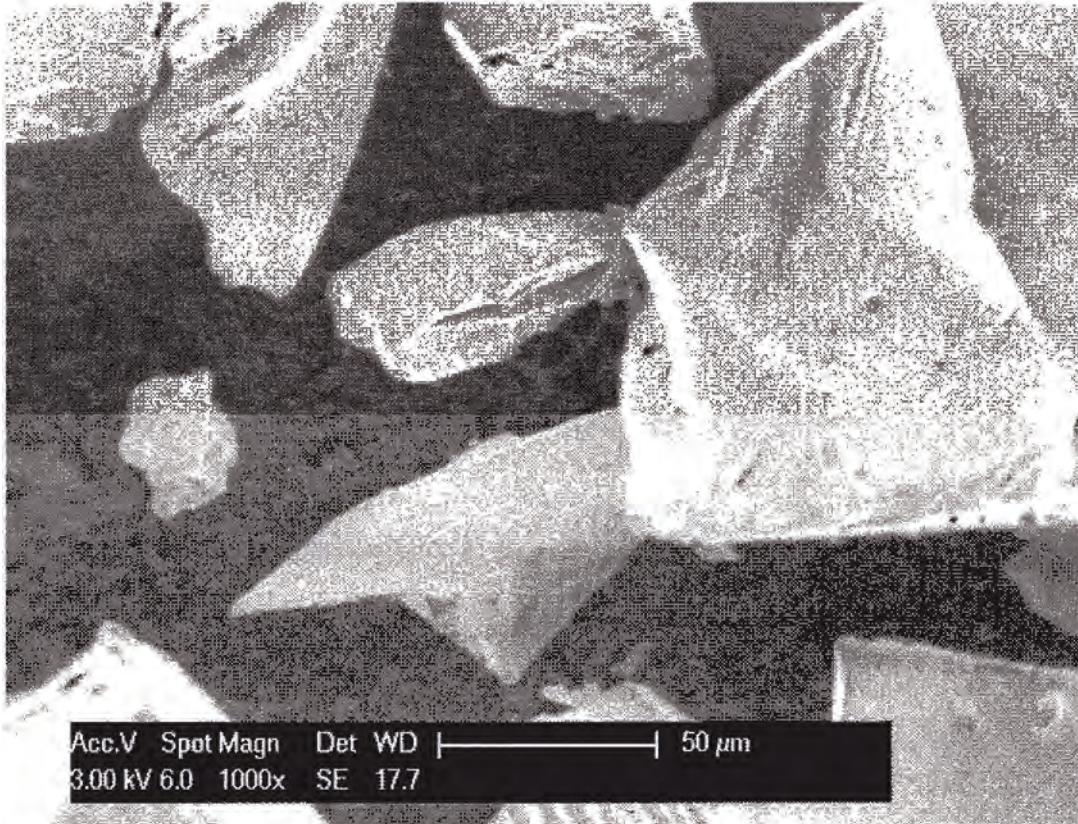


FIG. 41

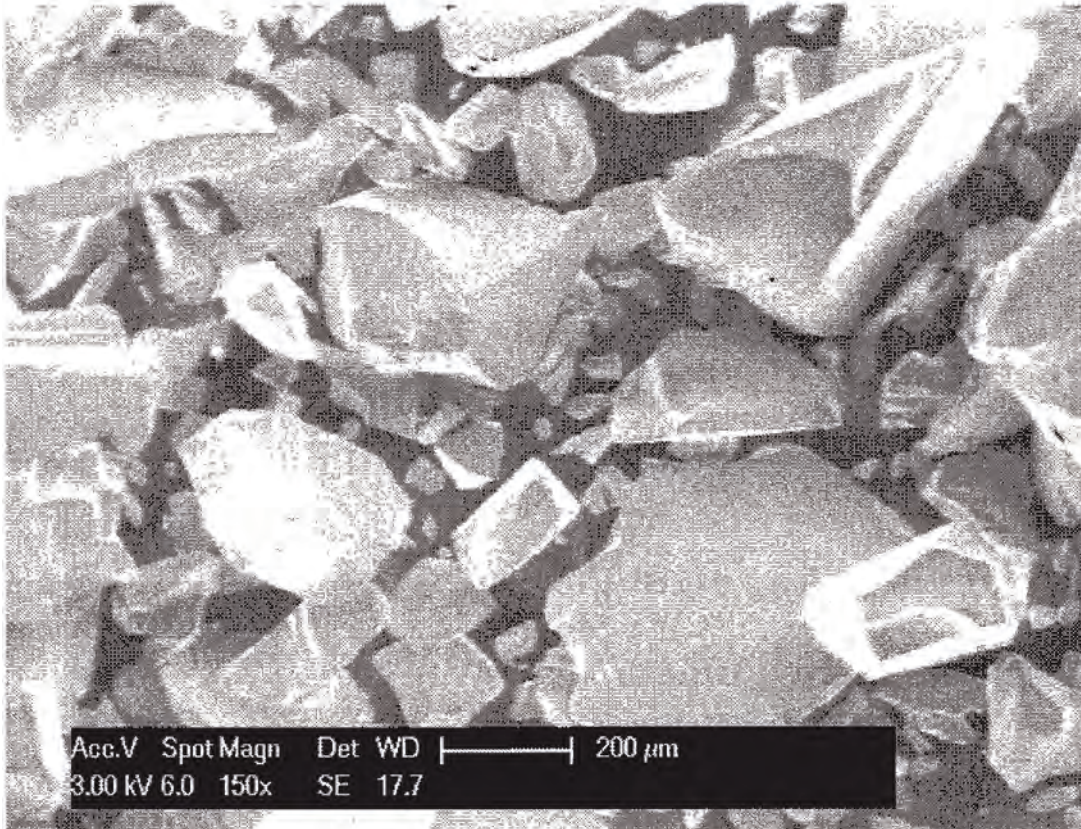


FIG. 42

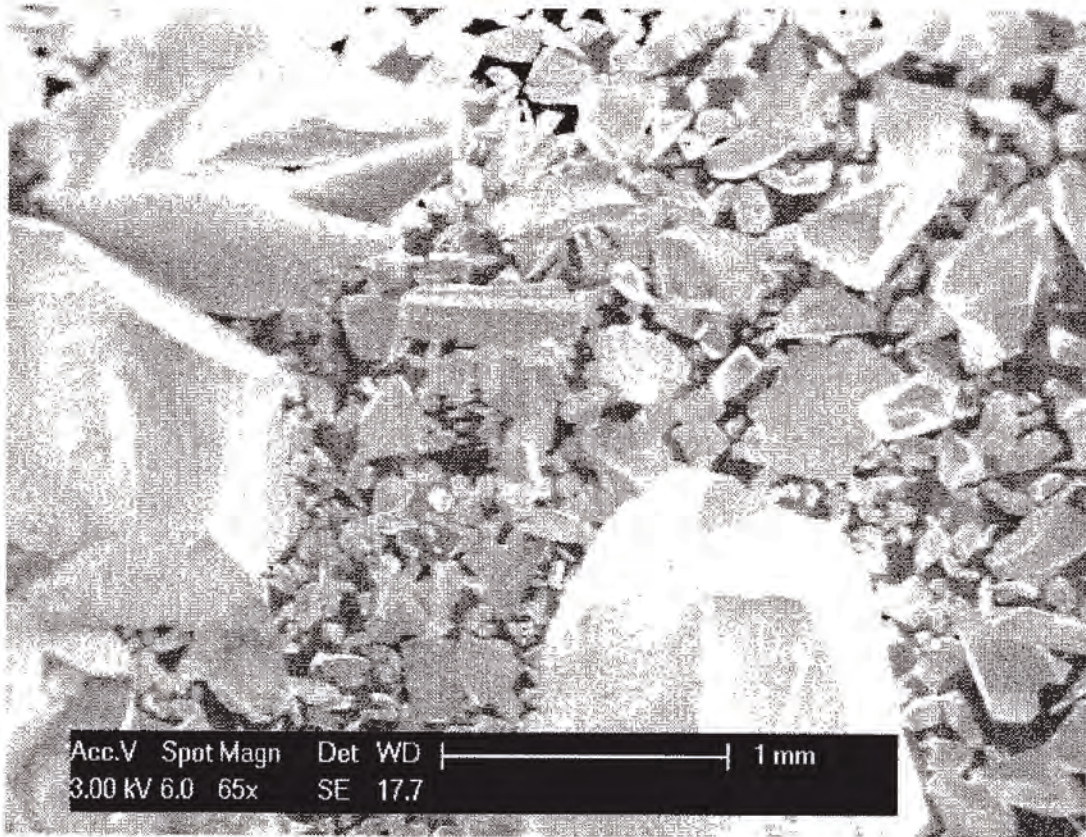


FIG. 43

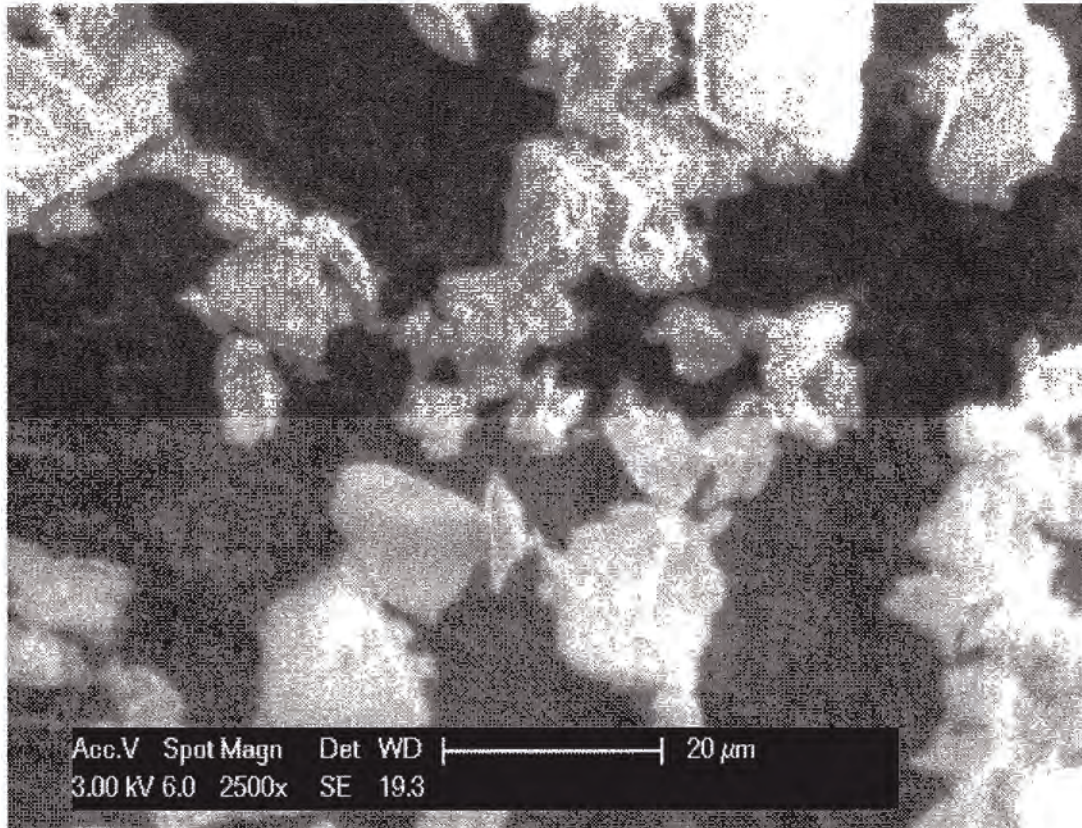


FIG. 44

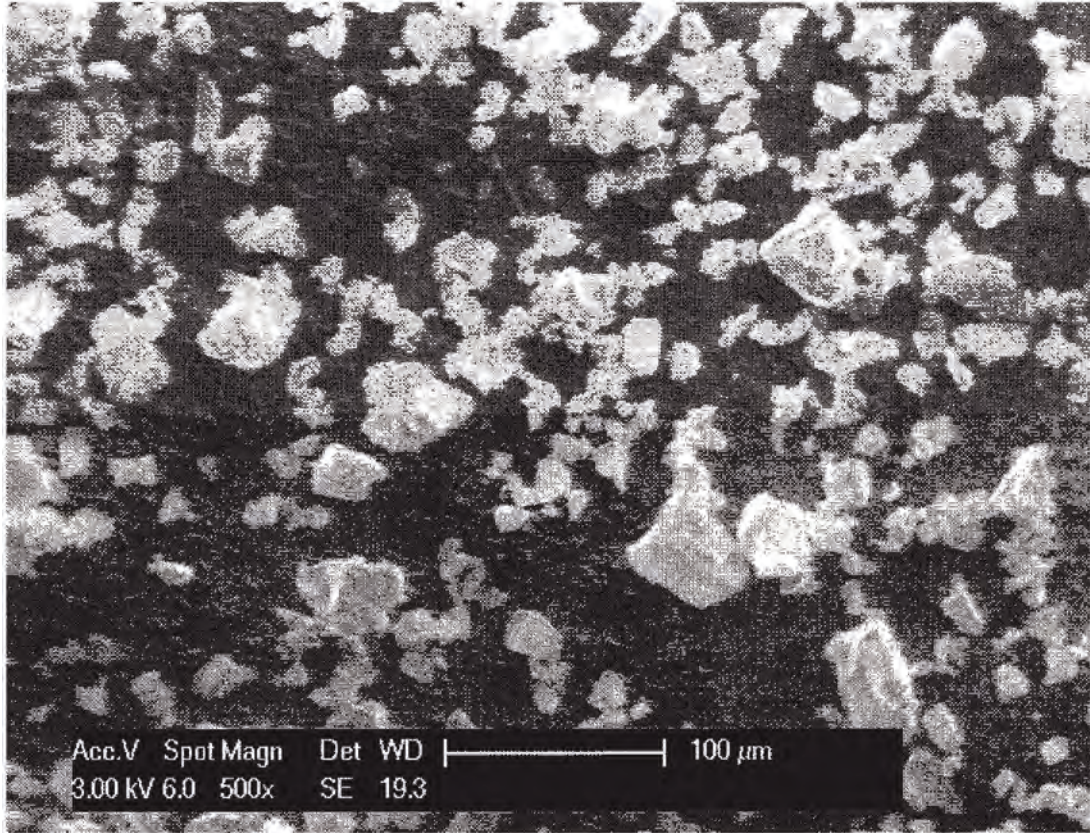


FIG. 45

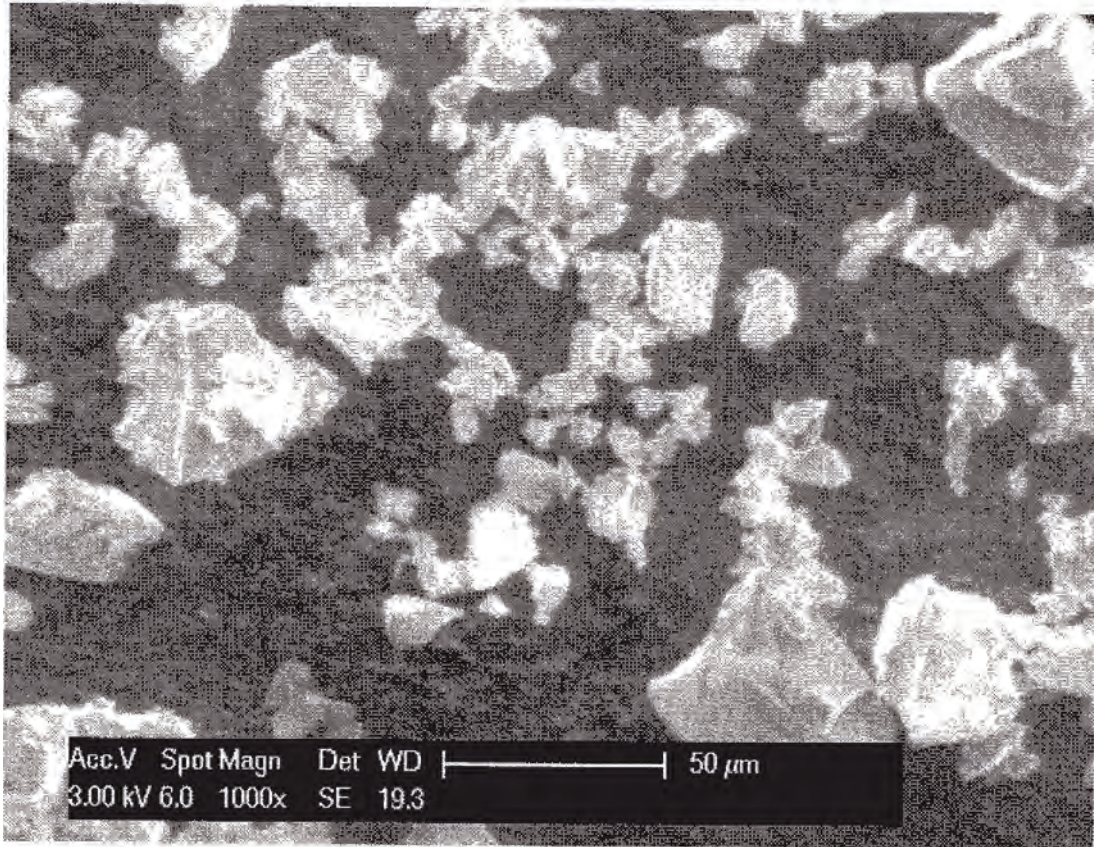


FIG. 46

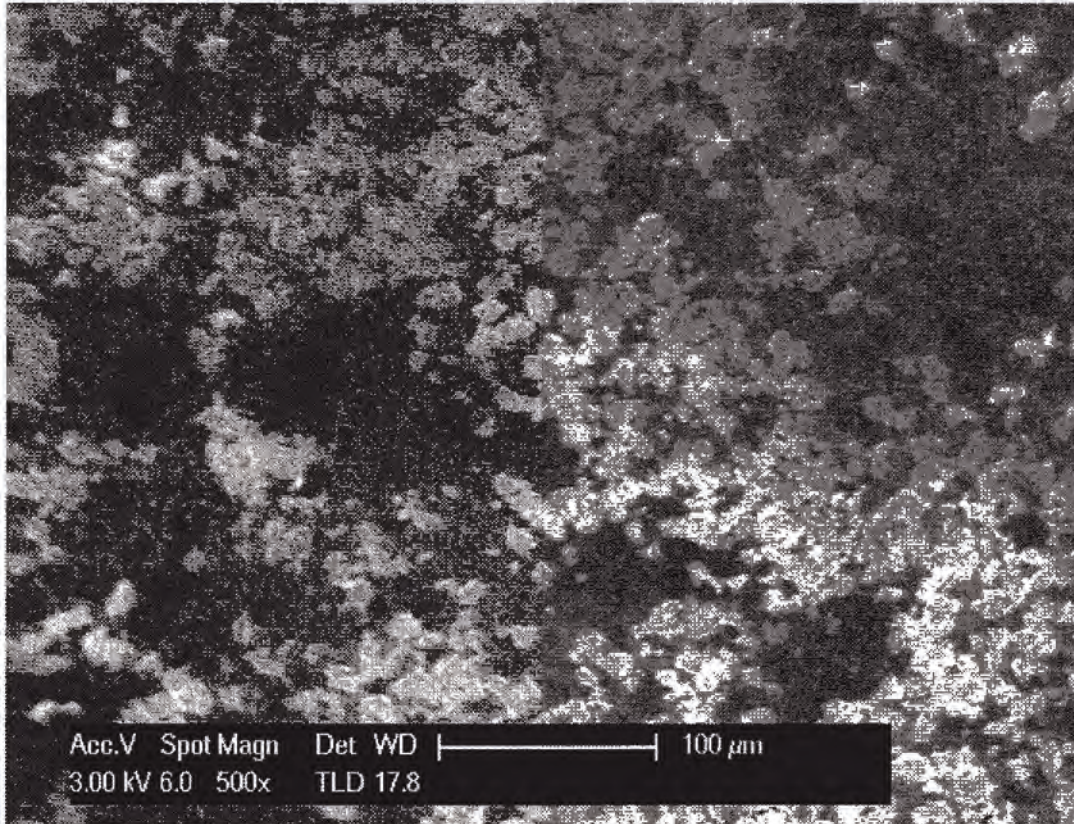


FIG. 47

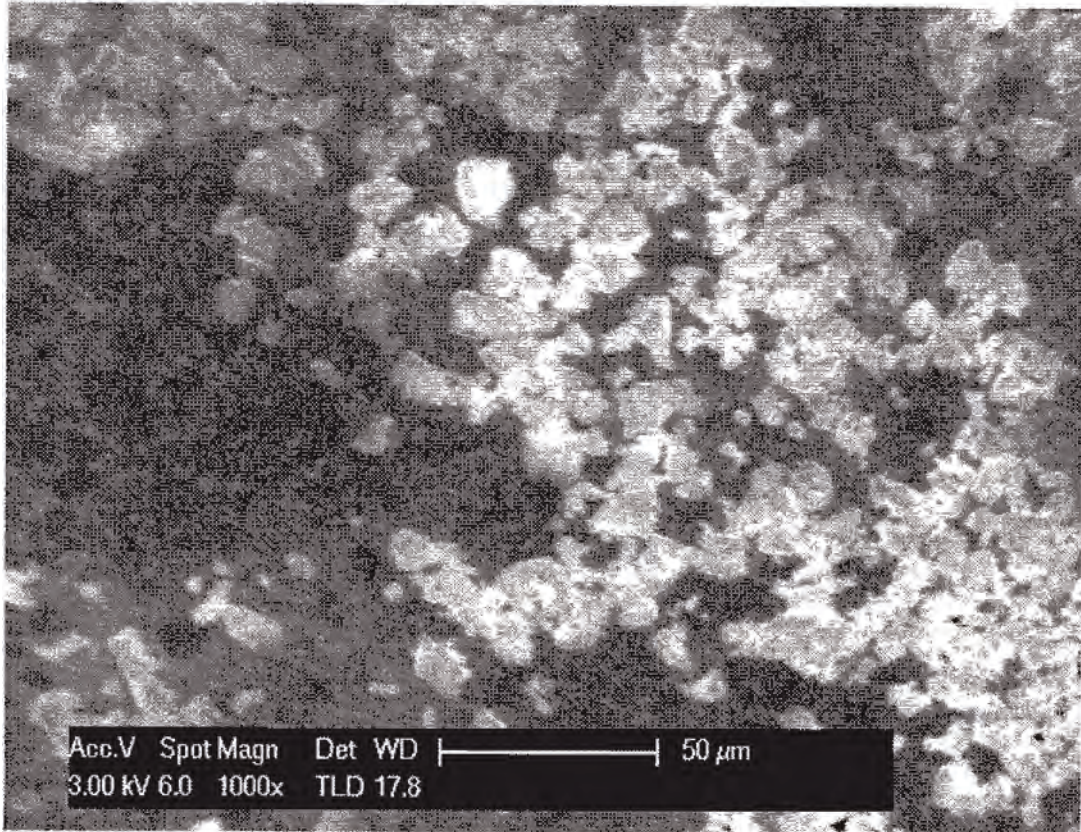


FIG. 48

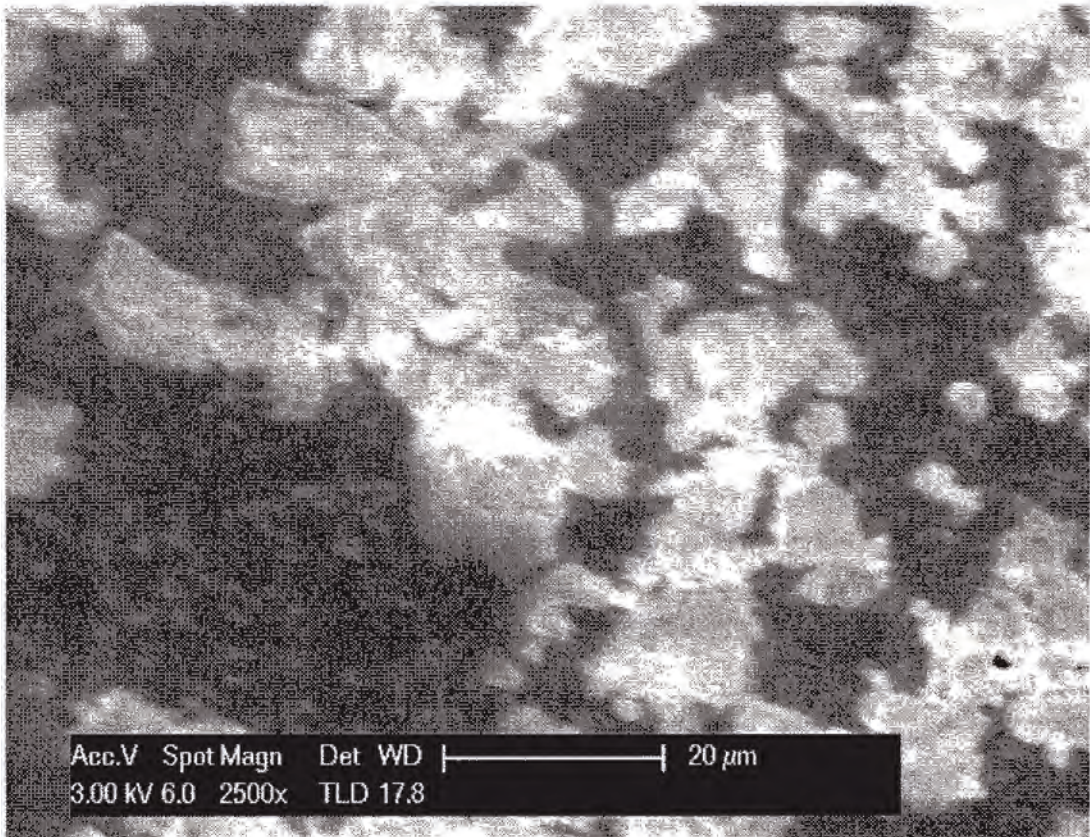


FIG. 49