

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2009.12.23	(73) Titular(es): XIAMEN LOTA INTERNATIONAL CO., LTD NO. 61 XINGNAN ROAD JIMEI DISTRICT XIAMEN, FUJIAN 361022 CN
(30) Prioridade(s): 2008.12.23 CN 200810188263 2009.12.21 US 643513	
(43) Data de publicação do pedido: 2010.07.21	(72) Inventor(es): ZHENQING HU SIQI ZHANG CHUANKAI XU CN CN CN
(45) Data e BPI da concessão: 2011.12.21 007/2012	(74) Mandatário: PEDRO DA SILVA ALVES MOREIRA RUA DO PATROCÍNIO, N.º 94 1399-019 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **LIGA DE BRONZE-ALUMÍNIO DE CORTE RÁPIDO ISENTA DE CHUMBO E SEU MÉTODO DE FABRICO**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO PROPORCIONA UMA LIGA DE BRONZE-ALUMÍNIO DE CORTE RÁPIDO ISENTA DE CHUMBO E O SEU MÉTODO DE FABRICO. A LIGA COMPREENDE: 57,0 ~ 63,0 % EM PESO CU, 0,3 ~ 0,7 % EM PESO AL, 0,1 ~ 0,5 % EM PESO BI, 0,2 ~ 0,4 % EM PESO SN E O EQUILÍBRIO SENDO ZN E IMPUREZAS INEVITÁVEIS, OU: 57,0 ~ 63,0 % EM PESO CU, 0,3 ~ 0,7 % EM PESO AL, 0,1 ~ 0,5 % EM PESO BI, 0,2 ~ 0,4 % EM PESO SN, 0,1 ~ 0,5 % EM PESO SI, 0,01 ~ 0,15 % EM PESO P, PELO MENOS DOIS ELEMENTOS SELECIONADOS DO GRUPO DE 0,01 ~ 0,15 % EM PESO MG, 0,0016 ~ 0,0020 % EM PESO B, E 0,001~0,05 % EM PESO DE ELEMENTOS DE TERRAS RARAS E O EQUILÍBRIO SENDO ZN E IMPUREZAS INEVITÁVEIS. A LIGA INVENTIVA TEM EXCELENTE MOLDABILIDADE, SOLDABILIDADE, APTIDÃO PARA O CORTE E RESISTÊNCIA À CORROSÃO. É APROPRIADA PARA MOLDAGEM POR VAZAMENTO A BAIXA PRESSÃO, VAZAMENTO POR GRAVIDADE, VAZAMENTO CONTÍNUO HORIZONTAL, FORJAMENTO E EXTRUSÃO. O SEU CUSTO EM MATERIAL METÁLICO É INFERIOR AO BRONZE DE BISMUTO. É PARTICULARMENTE APLICÁVEL PARA COMPONENTES UTILIZADOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL E NOUTROS COMPONENTES ESTRUTURAIS. É UMA NOVA LIGA DE BRONZE-ALUMÍNIO DE CORTE RÁPIDO AMIGA DO MEIO AMBIENTE.

RESUMO

"LIGA DE BRONZE-ALUMÍNIO DE CORTE RÁPIDO ISENTA DE CHUMBO E SEU MÉTODO DE FABRICO"

A presente invenção proporciona uma liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo e o seu método de fabrico. A liga compreende: 57,0 ~ 63,0 % em peso Cu, 0,3 ~ 0,7 % em peso Al, 0,1 ~ 0,5 % em peso Bi, 0,2 ~ 0,4 % em peso Sn e o equilíbrio sendo Zn e impurezas inevitáveis, ou: 57,0 ~ 63,0 % em peso Cu, 0,3 ~ 0,7 % em peso Al, 0,1 ~ 0,5 % em peso Bi, 0,2 ~ 0,4 % em peso Sn, 0,1 ~ 0,5 % em peso Si, 0,01 ~ 0,15 % em peso P, pelo menos dois elementos seleccionados do grupo de 0,01 ~ 0,15 % em peso Mg, 0,0016 ~ 0,0020 % em peso B, e 0,001~0,05 % em peso de elementos de terras raras e o equilíbrio sendo Zn e impurezas inevitáveis. A liga inventiva tem excelente moldabilidade, soldabilidade, aptidão para o corte e resistência à corrosão. É apropriada para moldagem por vazamento a baixa pressão, vazamento por gravidade, vazamento contínuo horizontal, forjamento e extrusão. O seu custo em material metálico é inferior ao bronze de bismuto. É particularmente aplicável para componentes utilizados em sistemas de abastecimento de água potável e noutros componentes estruturais. É uma nova liga de bronze-alumínio de corte rápido amiga do meio ambiente.

DESCRIÇÃO

"LIGA DE BRONZE-ALUMÍNIO DE CORTE RÁPIDO ISENTA DE CHUMBO E SEU MÉTODO DE FABRICO"

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se, em geral, a uma liga de bronze-alumínio de corte rápido, isenta de chumbo, em particular, uma liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo e seu método de fabrico que é aplicável em moldagens por vazamento a baixa pressão e forjamentos.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Actualmente, quando se pesquisa e desenvolve ligas de bronze de corte rápido isentas de chumbo ou de baixo teor de chumbo, segue-se, tipicamente, duas vias para encontrar os elementos que poderiam substituir o Chumbo: uma via é seleccionar os elementos que formam com dificuldade soluções sólidas em Cu e não podem formar compostos intermetálicos com Cu, tal como Bi, Se e Te, etc.; a outra via é seleccionar os elementos que formarão soluções sólidas em Cu, em que a solubilidade sólida é reduzida com a diminuição da temperatura, de modo a formar compostos intermetálicos com Cu, e com Sb, P, Mg, Si, B e Ca, etc. A primeira via é conhecida há algum tempo. A segunda via é um desenvolvimento mais recente.

No processo de pesquisa e desenvolvimento, considerando as propriedades do processo e comparando propriedades *versus*

exigências de custo do mercado, a selecção de elementos para uma liga e o seu intervalo irão variar. Consequentemente, foram inventadas diversas ligas de bronze de corte rápido isentas de chumbo. A invenção da liga de bronze bismuto é a mais comum destas ligas.

Por exemplo, a Pub. N° CN101225487A atribuída a Xuhong Hu divulga uma liga de bronze de baixo teor de chumbo contendo arsénico que compreende (% em peso) 57-62 Cu, 36-43 Zn, 0,01-1,0 Al, 0,05-2,5 Bi, 0,005-0,3 As, $Pb \leq 0,2$ e $Sn \leq 0,65$, onde pequenas quantidades de Ni, Fe e S e quantidades mínimas de Si, Mg, Mn e Re (Rénio) são adicionadas selectivamente. Não se adiciona P. O Arsénico é um dos elementos principais desta liga. Se o seu conteúdo de As estiver na metade superior do intervalo acima especificado e se o conteúdo de Pb estiver no intervalo de 0,1-0,2 % em peso, então As e Pb são ambos libertados na água em quantidades que excederão os limites superiores da norma NSF. Consequentemente, estas ligas de bronze não podem ser utilizadas nos componentes para sistemas de abastecimento de água potável, tais como torneiras e válvulas.

A Pat. N° CN1045316C atribuída a Kohler divulga uma liga de bronze bismuto de baixo teor de chumbo que compreende (% em peso) 55-70 Cu, 30-45 Zn, 0,2-1,5 Al, 0,2-0,3 Bi, $Pb \leq 1,0$, $Ni \leq 2,0$, $Fe \leq 1,0$, $In \leq 0,25$, e 0,005-0,3 Ag, compreendendo ainda quantidades mínimas de um ou mais dos elementos Ta, Ga, V, B, Mo, Nb, Co e Ti. É adicionado selectivamente Zr. Não se adiciona Si ou P.

A Pub. N° CN1710126A atribuída a Powerway divulga uma liga de bronze bismuto de corte rápido isenta de chumbo de baixo teor de antimónio e seu método de fabrico que compreende (% em peso)

55-65 Cu, 0,3-1,5 Bi, 0,05-1,0 Sb, 0,0002-0,05 B, onde elementos, tais como Ti, Ni, Fe, Sn, P e metais de terras raras são adicionados selectivamente e o equilíbrio é Zn e impurezas. Não se adiciona Si ou Al. Se o conteúdo de Sb é $\geq 0,1$, a quantidade de Sb libertada na água excederá as exigências da norma NSF.

O documento JP2000-239765A atribuído a Joetsu divulga uma liga de bronze isenta de chumbo com resistência à corrosão para fundições, que compreende (% em peso) 64-68 Cu, 1,0-2,0 Bi, 0,3-1,0 Sn, 0,01-0,03 P, 0,5-1,0 Ni, 0,4-0,8 Al, Fe $< 0,2$ e o equilíbrio sendo Zn e impurezas. O conteúdo de Bi é mais elevado e não se adiciona Si.

Com a aplicação crescente de bronzes de bismuto, os seus efeitos negativos são, igualmente, cada vez mais notáveis, tal como a susceptibilidade à fractura a quente e a frio, a reduzida soldabilidade, a necessidade de aquecer e arrefecer lentamente durante o recozimento, etc. A causa destes efeitos negativos tem uma razão termodinâmica comum: o grande diferencial entre a tensão superficial do bismuto (350 dyne/cm) e a do cobre (1300 dyne/cm) e o facto de o bismuto não poder formar uma solução sólida no cobre e não poder formar compostos intermetálicos com o cobre. Em consequência, o bismuto líquido tem boa molhagem com grãos α e β de cobre e bronze. O ângulo de diedro entre bismuto e cobre ou bronze tende para zero. Após solidificação, o bismuto está distribuído no limite dos grãos na forma de uma película contínua.

Actualmente, os bronzes de bismuto desenvolvidos são, principalmente, ligas de deformação e compreendem mais de 0,5 % em peso de bismuto. Os bronzes de bismuto de fundição públicos,

tais como C89550 (que compreendem 0,6 ~ 1,2 % em peso Bi), têm elevada tendência a experimentar fractura a quente durante a moldagem por vazamento a baixa pressão e não são soldados facilmente.

O bronze de antimónio de corte rápido isento de chumbo ou de baixo teor de chumbo tem excelente moldabilidade, soldabilidade, aptidão para deformação no trabalho a quente e resistência à corrosão por dezincificação. Contudo, o antimónio é mais tóxico do que o chumbo. A norma NSF/ANSI61-2007 exige que o Sb seja libertado na água potável em quantidades $\leq 0,6 \mu\text{g/L}$ e que Pb seja libertado em quantidades $\leq 1,5 \mu\text{g/L}$ (NSF61-2005 exige que a libertação de Pb seja $\leq 5 \mu\text{g/L}$). O bronze de antimónio não é apropriado para componentes utilizados no sistema de abastecimento de água potável.

O bronze de silício de corte rápido isento de chumbo é um bronze que tem determinadas boas perspectivas de desenvolvimento. Os bronzes de silício de corte rápido isentos de chumbo actualmente pesquisados e desenvolvidos são, principalmente, bronze de silício de deformação de baixo teor de zinco. A maior partes destes compreende pequenas quantidades de bismuto e o custo da matéria-prima é bastante elevado.

O bronze-alumínio tem boa resistência à corrosão, mas a sua aptidão para o corte é inadequada. Existem algumas patentes e outra literatura relacionadas com bronzes de alumínio de corte rápido isentos de chumbo. A Patente dos Estados Unidos N° 3773504 (1973) divulga uma liga da série Cu-Zn-Al-P tendo resistência ao desgaste. A Patente Japonesa 2003-253358 divulga um bronze-alumínio de corte rápido, de baixo teor de zinco, isento de chumbo (contendo vanádio e boro, etc.)

O documento atribuído a XIE JIANHUI et al: "Preparation technology of lead free and free-cutting casting bismuth brass", Foundry Technology, Vol. 29, Nº 4, 1 de Janeiro de 2008, páginas 520-523, XP009131920, divulga uma liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo compreendendo:

62,5-63,5 % em peso Cu, 0,65-0,75 % em peso Al, 0,4-0,6 % em peso Bi, $\text{Sn} \leq 0,30$ % em peso, e o equilíbrio sendo Zn e impurezas inevitáveis.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As figuras 1A, 1B e 1C mostram a forma da apara da liga 1 exemplificativa obtida a uma velocidade de corte de 40 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 1D, 1E e 1F mostram a forma da apara da liga CuZn40Pb1Al0.6 obtida a uma velocidade de corte de 40 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 2A, 2B e 2C mostram a forma da apara da liga 1 exemplificativa obtida a uma velocidade de corte de 60 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 2D, 2E e 2F mostram a forma da apara da liga CuZn40Pb1Al0.6 obtida a uma velocidade de corte de 60 m/minuto,

para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 3A, 3B e 3C mostram a forma da apara da liga 1 exemplificativa obtida a uma velocidade de corte de 80 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 3D, 3E e 3F mostram a forma da apara da liga CuZn40Pb1Al0.6 obtida a uma velocidade de corte de 80 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 4A, 4B e 4C mostram a forma da apara da liga 1 exemplificativa obtida a uma velocidade de corte de 100 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

As figuras 4D, 4E e 4F mostram a forma da apara da liga CuZn40Pb1Al0.6 obtida a uma velocidade de corte de 100 m/minuto, para quantidades de alimentação de 0,1, 0,2, e 0,3 mm/rotação, respectivamente.

DESCRIÇÃO DETALHADA

O objectivo da presente invenção é resolver os problemas técnicos das actuais ligas de bronze-alumínio, incluindo reduzida aptidão para o corte, uma tendência para a fractura a quente e dificuldade na soldadura. O objectivo da invenção inclui, igualmente, provisão de uma liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo amiga do ambiente, que seja

aplicável em moldagem por vazamento a baixa pressão, moldagem por gravidade, moldagem contínua horizontal, forjamento e soldadura.

O objectivo da presente invenção é realizado pela selecção dos seguintes elementos e sua concepção de composição, como definido na reivindicação 1. A presente invenção proporciona uma liga de bronze-alumínio de corte rápido, isenta de chumbo que compreende (% em peso):

57,0 ~ 63,0 Cu, 0,3 ~ 0,7 Al, 0,1 ~ 0,5 Bi, 0,1 ~ 0,5 Si, 0,2 ~ 0,4 Sn, 0,01 ~ 0,15 P e que compreende ainda, pelo menos, dois elementos seleccionados de Mg, B e elementos de terras raras, com o equilíbrio sendo Zn e inevitáveis impurezas. Os, pelo menos dois, elementos seleccionados estão presentes em quantidades de 0,01 ~ 0,15 % em peso Mg, 0,001 ~ 0,05 % em peso elementos de terras raras e 0,0016 ~ 0,0020 % em peso B.

Quando o teor de bismuto está na metade superior do intervalo especificado, a fase α e uma pequena quantidade de fase β dominam a fase de matriz da liga. Quando o teor de bismuto está na metade inferior do intervalo especificado, a fase β e as pequenas quantidades de fase α e de fase γ dominam a fase de matriz da liga.

Na liga inventiva, o alumínio é o elemento principal da liga, à excepção do zinco. O Al pode melhorar a resistência à corrosão e a resistência do bronze comum. Durante a fusão e o processo de moldagem, o bismuto pode formar uma película compacta de óxido para impedir a oxidação durante a fusão e para reduzir a perda de zinco, que tende a volatilizar e oxidar. Contudo, as características de oxidação do alumínio são desfavoráveis para a moldabilidade e a soldabilidade. Além

disso, o alumínio tornará grosseiro o grão do bronze comum. O coeficiente equivalente do zinco do alumínio é bastante grande, e pode ampliar substancialmente a zona da fase β . Se combinado com silício, o alumínio tende a aumentar taxa da fase β e promove a formação da fase γ . Consequentemente, é benéfico para melhorar a aptidão para o corte do bronze. A tensão superficial do alumínio (860 dyne/cm) é menor do que a do cobre. Pode formar soluções sólidas no cobre tendo como resultado a diminuição da tensão superficial do cobre. É favorável para a esferificação do bismuto, que está distribuído no limite do grão. A tensão superficial do zinco (760 dyne/cm) é menor do que a do cobre. Pode formar soluções sólidas no cobre. É igualmente favorável para a esferificação do bismuto que está distribuído no limite do grão. Nesta liga inventiva, o conteúdo de alumínio é mais baixo do que no bronze-alumínio comercial comum e está limitado ao intervalo de 0,3-0,7 % em peso, de um modo mais preferido, no intervalo de 0,4~0,6 % em peso. Um conteúdo mais elevado de alumínio não é benéfico para a moldabilidade e a soldabilidade.

O bismuto é adicionado para melhorar a aptidão para o corte do bronze-alumínio. Contudo, como mencionado acima, o bismuto aumentará a tendência de fractura a quente e a frio das ligas de cobre. A razão termodinâmica para isto é o grande diferencial entre a tensão superficial do bismuto e do cobre, resultando no ângulo de diedro entre o bismuto líquido e o grão de cobre sólido tender para zero. O bismuto molhará totalmente os grãos de cobre. Após solidificação, o bismuto estará distribuído no limite do grão na forma de uma película contínua. De modo a promover a esferificação do bismuto e reduzir o seu efeito prejudicial, a presente invenção selecciona os elementos que podem formar soluções sólidas no cobre e diminuem a tensão superficial do cobre, tal como os principais elementos de liga acima

mencionados, zinco e alumínio. Outros elementos opcionais são In, Ga, Ge, Ca etc. Por outro lado, os elementos que podem formar soluções sólidas no bismuto e que têm tensão superficial superior à do bismuto, tal como Pb, Se, Tl, etc., podem igualmente promover a esferificação do bismuto. O primeiro dos elementos acima mencionados In, Ga e Ge, são muito dispendiosos, pelo que apenas alguns bronzes de bismuto os adicionam selectivamente. De entre o segundo grupo dos elementos acima mencionados, a poluição ambiental por Pb e a nocividade ao corpo humano têm sido uma preocupação. O selénio e o tálio são igualmente tóxicos. A norma NSF61 exige que, na água potável, a libertação de Se deve ser $\leq 5,0 \mu\text{g/L}$ (igual a Pb) e a libertação de Tl deve ser $\leq 0,2 \mu\text{g/L}$ (igual a Hg). A ingestão de quantidades residuais de selénio não é prejudicial, mas em quantidades excessivas, danificará a pele. O selénio e o tálio são igualmente muito dispendiosos. Nesta liga inventiva, o selénio e o tálio não são adicionados e, deste modo, o tálio não pode lixiviar na água. Nesta liga inventiva, o teor de bismuto está limitado ao intervalo de 0,1 ~ 0,5 % em peso. Um teor mais elevado de bismuto aumentará não apenas a tendência à fractura a quente, que faz as moldagens facturar de vez em quando durante a moldagem por vazamento a baixa pressão, mas também aumenta o custo, reduz a resistência à corrosão e aumenta o risco do tálio como uma impureza em quantidades além da norma. O teor de Bi está limitado ao intervalo de 0,1 ~ 0,5 % em peso, de um modo mais preferido, no intervalo de 0,1 ~ 0,3 % em peso, de modo que se possa obter moldabilidade, soldabilidade, aptidão para o corte e custo reduzido.

Os efeitos do Estanho incluem, principalmente, o aumento de resistência da solução sólida e o melhoramento da resistência à corrosão por dezincificação da liga. Se a fase γ está formada na

liga, pequenos teores de estanho formarão a fase γ mais eficazmente dispersa, uniformemente distribuída e diminuem os efeitos prejudiciais da fase γ na plasticidade e melhoram ainda a aptidão para o corte. A tensão superficial do estanho é 570 dyne/cm. O efeito do zinco na promoção da esferificação do bismuto é maior do que o efeito de esferificação do zinco e do alumínio. O teor de estanho está limitado ao intervalo de 0,2 ~ 0,4 % em peso. Um teor mais elevado de estanho é útil para a esferificação do bismuto, mas o custo aumentará e conjuntamente com o silício e o alumínio, mais fase γ será produzida resultando em dureza acrescida, plasticidade diminuída e efeitos prejudiciais para cortar e formar.

Os efeitos do silício incluem o melhoramento da moldabilidade, soldabilidade e resistência da liga à corrosão e, de modo notável, a ampliação da zona de fase β . Sob determinado teor do zinco, o silício é o elemento principal para ajustar a composição da fase de matriz. Se existir um rácio de correspondência apropriado entre o silício e o zinco e o alumínio, o silício promoverá a formação de fase γ na liga e melhorará, então, a aptidão para o corte. Com o aumento do teor de silício, a fase γ aumentará e a aptidão para o corte será melhorada. Contudo, a plasticidade diminuirá gradualmente e a tendência à fractura a quente aumentará. Não é benéfico para formação por moldagem, especialmente para formação da moldagem por vazamento a baixa pressão.

No caso em que a aptidão para o corte é garantida pelo bismuto, o teor de silício está limitado ao intervalo de 0,1 ~ 0,5 % em peso e está, de um modo mais preferido, limitado ao intervalo 0,2 ~ 0,5 % em peso. Quando o teor do bismuto está na metade superior do intervalo especificado e o teor de silício

está na metade inferior do intervalo especificado, a fase de matriz da liga é fase α e uma quantidade menor de fase β .

Quando o teor do bismuto está na metade inferior do intervalo especificado e teor de silício está na metade superior do intervalo especificado, a fase de matriz da liga é fase β e uma quantidade menor de fase α e fase γ .

O fósforo é um dos elementos principais da liga. Os seus efeitos incluem a desoxidação, melhorando a moldabilidade e a soldabilidade da liga, reduzindo a perda por oxidação de elementos benéficos, tais como alumínio, silício, estanho e bismuto e refinando os grãos de bronze. Se o teor de fósforo no bronze exceder 0,05 % em peso, pode formar-se o composto intermetálico Cu_3P . É benéfico para melhorar a aptidão para o corte da liga mas, no entanto, a plasticidade será diminuída. Excesso de Cu_3P resultando de fósforo excessivo aumentará a tendência à fractura a quente durante a moldagem por vazamento a baixa pressão.

Além disso, a tensão superficial do fósforo é 70 dyne/cm e o fósforo tem uma maior solubilidade sólida no cobre a alta temperatura; conseqüentemente diminuirá, obviamente, a tensão superficial do cobre e melhorará o efeito de esferificação do bismuto. É um "plastificante" do bronze contendo bismuto.

Na presença de fósforo, estanho, alumínio e zinco, o bismuto será distribuído esfericamente no grão e no limite do grão. Diminuirá, obviamente, a sua influência prejudicial para a plasticidade a frio e a quente e melhorará a moldabilidade e a soldabilidade. No entanto, como o bismuto é distribuído esfericamente, uniformemente e de modo disperso, é favorável que

o bismuto desempenhe a sua influência benéfica na aptidão para o corte.

O teor de fósforo é limitado ao intervalo 0,01 ~ 0,15 % em peso. Se for utilizado para vazamento contínuos horizontais ou forjamentos, o seu teor está na metade superior do intervalo especificado. Se for utilizado para produtos de moldagem por vazamento a baixa pressão (tais como os corpos de uma torneira), o seu teor está na metade inferior do intervalo especificado.

O magnésio é um elemento adicionado selectivamente. Os seus efeitos principais incluem desoxidação adicional antes do vazamento contínuo horizontal e impedir que os vazamentos fracturem durante a moldagem por vazamento a baixa pressão e soldadura. Se o teor de Mg exceder 0,1 % em peso, o efeito de impedir que os vazamentos fracturem ainda é óbvio. Contudo, o índice de alongamento será reduzido. Este efeito aparece igualmente, no bronze de silício de corte rápido, isento de chumbo, de elevado teor de zinco. O magnésio tem, igualmente, o efeito de refinamento do grão com o resultado de o bismuto e o grão de compostos intermetálicos quebradiços serem distribuídos de modo mais disperso e uniforme e é benéfico para melhorar a aptidão para o corte, a moldabilidade e a soldabilidade.

Se o teor de Mg for maior que 0,1 % em peso, formará o composto intermetálicos Cu_2Mg com cobre e é igualmente benéfico para melhorar a aptidão para o corte. Se é adicionado magnésio, o seu teor está limitado, de um modo preferido, ao intervalo de 0,01 ~ 0,15 % em peso.

O efeito principal de adicionar selectivamente boro e metal de terras raras é para o refinamento do grão. A solubilidade

sólida do boro no cobre é muito pequena, mas será reduzida com a diminuição da temperatura. O boro precipitado tem, igualmente, o efeito de melhorar a aptidão para o corte. O boro poderia, igualmente, suprimir a dezincificação. Além do refinamento do grão, o metal de terras raras pode, igualmente, limpar o limite do grão e reduzir os efeitos prejudiciais resultantes das impurezas no limite do grão. O cério e o bismuto podem formar o composto intermetálico BiCe cujo ponto de fusão alcança até 1525 °C, de modo que o bismuto pode entrar no limite do grão na forma daquele composto intermetálico. É favorável para eliminar a fragilidade a quente e a frio causada pelo bismuto mas, no entanto, a contribuição do bismuto na aptidão para o corte é reduzida.

Magnésio, boro, e elementos de terras raras são adicionados em pequenas quantidades como definido na reivindicação 1.

Na liga inventiva, Zr e C estão presente apenas como impurezas inevitáveis. Zr e C não são requeridos na liga. Se o Zr está presente como uma impureza inevitável, a quantidade de Zr será no máximo 0,0007 % em peso. Se C está presente como uma impureza inevitável, a quantidade de C será menos de 0,0015 % em peso. A liga não requer Ni.

Na liga inventiva, chumbo, ferro e antimónio podem estar presentes como impurezas inevitáveis, mas o seu teor deve estar limitado ao intervalo de $\leq 0,1$ % em peso, $\leq 0,1$ % em peso e $\leq 0,03$ % em peso, respectivamente. Se $Pb \geq 0,2$ % em peso, o Pb libertado excederá os padrões governamentais. Se $Sb > 0,05$ % em peso, o Sb libertado excederá a norma. Consequentemente, a liga contendo um teor tão grande não é aplicável para os componentes utilizados em sistemas de água potável.

Traços de antimônio podem melhorar a resistência à corrosão por dezincificação da liga, como o estanho e o arsênico. Nas vulgares ligas de cobre por vazamento, o teor de ferro permitido é maior que 0,2 % em peso. Na liga inventiva, estão presentes alumínio e silício e o ferro formará compostos intermetálicos de ferro-alumínio quebradiço e silicieto de ferro, que diminuirão a plasticidade, a resistência à corrosão e a moldabilidade. Além disso, se as partículas duras formadas por estes compostos intermetálicos estão colocadas na superfície dos produtos, após o polimento e a galvanização, um defeito de “pontos duros” caracterizado pelo brilho inconsistente aparecerão. Estes produtos têm de ser descartados.

As ligas contendo pequenas quantidades destas impurezas são benéficas para colocação utilizando bronze do chumbo, bronze de antimônio, bronze fosforoso, bronze de magnésio e outros antigos materiais de bronze, economizando recursos e custos.

As características de selecção dos elementos de liga acima e a sua concepção da composição incluem fazer o bismuto ser distribuído de modo esférico, uniforme e dispersa no grão e no limite do grão, em vez da distribuição de película contínua no limite do grão. Deve, em geral, considerar-se as elevadas exigências da norma das propriedades de processamento (vazamento, soldadura, corte, galvanização, etc.). Deve igualmente considerar-se utilizar os critérios de desempenho (corrosão por dezincificação, corrosão de esforço, corrosão por pulverização de sal, quantidade de libertação do metal na água, fugas, dureza, resistência, taxa de alongamento, brilho consistente na superfície de galvanização) e o custo.

A liga inventada e a antiga liga de bronze bismuto podem ser recicladas. Bronze de chumbo, bronze de antimónio, bronze de fósforo, bronze de magnésio e outros antigos materiais de bronze podem ser utilizados para economizar recursos e custos.

O método de fabrico é conduzido facilmente e o equipamento actual de fabrico de bronze de chumbo pode ser utilizado.

De modo a levar em consideração todas as propriedades e desempenho de processamento a utilizar, as amostras de contracção de volume devem garantir que a superfície das cavidades concentrando a contracção seja suave, e que não existam porosidade em profundidade, a taxa de alongamento como vazado é maior que 6%, a dureza HRB está no intervalo 55 ~ 75 e o ângulo de dobragens das tiras de amostra é maior do que 55°.

A liga inventiva é um novo bronze-alumínio favorável ao meio ambiente, especialmente aplicável para moldagem por vazamento a baixa pressão ou vazamento por gravidade ou produtos de forjamento que são sujeitos a corte e soldadura, tais como componentes para sistemas de abastecimento de água potável.

O método de fabrico da liga inventiva é como segue:

Ajustar a proporção dos materiais - fusão em fornalha por indução de frequência principal e sendo protegido pelo agente de cobertura - sangramento a 1000 °C, e derrame para lingotes - refusão - moldagem por vazamento a baixa pressão (980 ~ 1000 °C) ou vazamento contínuo horizontal (990 ~ 1030 °C) - forjamento (650 ~ 710 °C)

EXEMPLOS

A composição da liga nos exemplos é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 Composição da liga nos exemplos (% em peso)

Exemplos	Cu	Al	Bi	Sn	Si	Mg	B	Re	P	Zn
1	60,13	0,52	0,48	0,275	0,12	–	0,0017	0,005	0,0653	Equilíbrio
2	58,72	0,38	0,41	0,165	0,23	0,09	0,0016	–	0,093	Equilíbrio
3	59,60	0,49	0,30	0,133	0,182	0,07	0,0017	–	0,0128	Equilíbrio
4	61,06	0,42	0,24	0,242	0,13	0,105	–	0,01	0,051	Equilíbrio
5	61,27	0,43	0,29	0,251	0,27	0,133	–	0,03	0,062	Equilíbrio
6	60,82	0,39	0,23	0,318	0,24	0,08	–	0,01	0,075	Equilíbrio
7	60,26	0,42	0,37	0,327	0,31	0,07	0,019	0,04	0,082	Equilíbrio

1. Moldabilidade

A moldabilidade da liga inventiva é medida por quatro tipos de provetes de ensaio comuns para ligas de vazamento.

Os provetes de contracção do volume são utilizados para medir a condição de contracção. Se a face da cavidade de contracção da contracção é suave e não há nenhuma porosidade de contracção visível em profundidade, será mostrada como “O.” Tal indica que a liga tem boa fluidez, grande capacidade de alimentação e elevado compactabilidade de vazamento. Se a face da cavidade de contracção da contracção é suave mas a altura da porosidade de contracção visível é menos de 3 mm em profundidade, indica que a moldabilidade é boa, e será mostrado como “□”. Se a face da cavidade de contracção da contracção não é suave e a altura da porosidade de contracção visível é

mais de 5 mm em profundidade, será mostrada como "X." Tal indica que a liga tem má fluidez, reduzida capacidade de alimentação e má compactabilidade do vazamento. Se for feito o ensaio com água aparecerão fugas.

São utilizados tiras de provete para medir a taxa de contracção linear e o ângulo de dobração da liga. Se o ângulo de dobração é maior do que 55° , indica que é excelente. Se é menor do que 40° , indica que a plasticidade da liga é demasiado baixa e é pobre. Se é maior do que 100° e mesmo não dobrável, indica que a plasticidade da liga é boa e não é benéfica para cortar.

São utilizadas amostras circulares para medir a resistência à fractura de contracção da liga. Se não há nenhuma fractura, é avaliada como excelente e será mostrada como "O". Se há uma fractura, é avaliada como pobre e será mostrada como "X."

São utilizadas amostras em espiral para medir o comprimento do fluido fundido e avaliar a fluidez da liga.

Todas as amostras são derramadas à mão e a temperatura de derramamento é 1000°C . Os resultados do ensaio são mostrados na

Tabela 2.

Tabela 2 Moldabilidade dos exemplos e ligas comparativas

Exemplos		1	2	3	4	5	6	7	C36000	CuZn40Pb1A10.6
Contração de volume		o	o	o	□	o	o	o	o	o
Taxa de contração linear /%		1,5 ~ 1,9							1,9 ~ 2,1	1,7 ~ 1,9
Comprimento/mm		400 ~ 420				420 ~ 440			440	430
Fluido										
Espessura da parede de amostras circulares /mm	2,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	3,0	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	3,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o

2. Soldabilidade

As peças para soldar são moldagens por vazamento a baixa pressão e tubos de bronze CuZn37 e são processadas por brasagem e aquecimento por chama a uma temperatura de 350 ~ 400 °C. As normas de medição da soldabilidade referem-se ao facto das fracturas e porosidade aparecerem ou não no cordão de soldadura e na zona afectada pelo calor. Se não há nenhuma fractura e nenhuma porosidade, está qualificada; se não está desqualificada.

São tomadas cinquenta (50) peças do mesmo tipo de corpo de torneira de cada liga. Os resultados do ensaio são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 Soldabilidade dos exemplos e das ligas comparativas

Exemplos	1	2 3 4	5 6 7	CuZn40Pb1A10.6
Após a soldadura	Qualificado	Qualificado	Qualificado	Qualificado
Após a soldadura e o polimento	Desqualificado pequena parte	Qualificado	Qualificado	Qualificado
Após a soldadura, o polimento e a fumigação com amónia	Qualificado	Qualificado	Qualificado	Desqualificado pequena parte

3. Aptidão para o corte

Podem ser utilizados diversos métodos para medir a aptidão dos materiais para o corte. O método comum é fixar os parâmetros do processo de corte, medir a resistência ao corte, o consumo de energia ou binário do eixo do motor da máquina e assim por diante, comparando com bronze de chumbo de corte rápido, tal como C36000 e, finalmente, obter a velocidade de corte relativa. Na realidade, a aptidão para o corte dos bons ou materiais está muito estreitamente relacionada com os parâmetros de processo do corte. Na produção real, a aptidão para o corte do material é “boa” ou “pobre”, é sempre julgada pela forma e pelo tamanho das aparas, pelo grau de suavidade de descarga da apara e pela velocidade de desgaste das ferramentas. Os parâmetros do processo de corte podem ser ajustados com base em diferentes materiais ou diferentes estados do mesmo material para obter a operação de corte bem sucedida. A influência dos parâmetros de processo do corte na forma da apara é mostrada na Tabela 4. Isto mostra que a quantidade de alimentação tem grande influência na forma e tamanho da apara, ao passo que a velocidade linear tem pouca influência na forma e tamanho da apara. Se a quantidade de

alimentação é 0,2 mm/rot e 0,3 mm/rot., a forma da apara da liga 1 exemplificativa é uma folha fina ou uma peça fina. Isto indica que a aptidão para o corte é boa, mas não melhor do que o bronze de chumbo que contém 1 % em peso de Pb. A profundidade de corte é 4 mm.

Tabela 4 Influência dos parâmetros do processo de corte na forma da apara

Velocidade de corte/m •min ⁻¹	Liga 1 exemplificativa			CuZn40Pb1Al0.6		
	quantidade de alimentação /mm•r ⁻¹			quantidade de alimentação /mm•r ⁻¹		
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
40	Ver Fig. 1A	Ver Fig. 1B	Ver Fig. 1C	Ver Fig. 1D	Ver Fig. 1E	Ver Fig. 1F
60	Ver Fig. 2A	Ver Fig. 2B	Ver Fig. 2C	Ver Fig. 2D	Ver Fig. 2E	Ver Fig. 2F
80	Ver Fig. 3A	Ver Fig. 3B	Ver Fig. 3C	Ver Fig. 3D	Ver Fig. 3E	Ver Fig. 3F
100	Ver Fig. 4A	Ver Fig. 4B	Ver Fig. 4C	Ver Fig. 4D	Ver Fig. 4E	Ver Fig. 4F

4. Resistência à corrosão

Todas os provetes são obtidos a partir de moldagem por vazamento a baixa pressão. Os resultados são mostrados na Tabela 5.

O ensaio da corrosão por dezincificação é realizado de acordo com a norma GB10119-1988.

O ensaio da corrosão de esforço é realizado de acordo com a norma GS0481.1.013-2005.

Os ensaios de corrosão por pulverização de sal são realizados de acordo com a norma ASTM B368-97.

O Valor Q da quantidade de libertação é medido de acordo com a norma NSF/ANSI61-2007.

Tabela 5 Resultados do ensaio de corrosão dos exemplos e da liga comparativa

Exemplos		1	2	3	4	5	6	7	CuZn40Pb1A10.6 6
Profundidade da camada de dezincificação /mm	Valor Médio	0,24~ 0,32	0,27~ 0,38		0,25~ 0,33	0,24~ 0,31	0,23~ 0,28		0,30~0,35
	Valor	0,43~	0,47~		0,40~	0,40~	0,41~		0,45~0,51
	Máximo	0,50	0,55		0,48	0,50	0,49		
Corrosão de Tensão		Qualificado							Qualificado
Corrosão por pulverização de sal		Qualificado							Qualificado
Valor quantidade da libertação Q/µg/L		Zn<300, Bi<50,0, Pb<1 .5, Sb<0,6, Tl<0,2, Cd<0,5, As<1.0, Hg<0,2, Todos qualificado							Todo q ualificado excepto para Pb>5,0

5. Propriedades Mecânicas

As amostras para ensaios de tracção são processadas por moldagem por vazamento a baixa pressão. Os provetes de ensaio de dureza são processados por derrame à mão. Os resultados do ensaio são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 Propriedades mecânicas dos exemplos e da liga comparativa

Exemplos	1	2	3	4	5	6	7	CuZn40Pb1A10.6
Resistência à tracção /MPa	378	365	380	430	410	442	445	370
Taxa de alongamento /%	7,5	9,5	11	16	14	16	17	10
Dureza HRB	69	62	61	57	72	70	70	55

Lisboa, 22 de Dezembro de 2011

REIVINDICAÇÕES

1. Liga de bronze-alumínio de corte rápido, isenta de chumbo, compreendendo: 57,0 ~ 63,0 % em peso Cu, 0,3 ~ 0,7 % em peso Al, 0,1 ~ 0,5 % em peso Bi, 0,2 ~ 0,4 % em peso Sn, 0,1 ~ 0,5 % em peso Si, 0,01 ~ 0,15 % em peso P, pelo menos dois elementos seleccionados do grupo de 0,01 ~ 0,15 % em peso Mg, 0,0016 ~ 0,0020 % em peso B, 0,001 ~ 0,05 % em peso elementos de terras raras e o equilíbrio sendo Zn e impurezas inevitáveis, impurezas entre as quais: Pb, $\leq$ 0,1 % em peso, Fe, $\leq$ 0,1 % em peso Sb, $\leq$ 0,03 % em peso Zr no máximo de 0,0007 % em peso e menos de 0,0015 % em peso C.
2. Liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo de acordo com a reivindicação 1, compreendendo 0,4 ~ 0,6 % em peso Al, 0,2 ~ 0,5 % em peso Si e 0,1 ~ 0,3 % em peso Bi.
3. Liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que as impurezas compreendem $\leq$ 0,1 % em peso Pb, $\leq$ 0,1 % em peso Fe, e $\leq$ 0,03 % em peso Sb.
4. Método de fabrico de moldagem por vazamento a baixa pressão, utilizando a liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo da reivindicação 1 ou 2, em que a temperatura para a moldagem por vazamento a baixa pressão é de 980-1000 °C.
5. Método de fabrico por vazamento contínuo horizontal, utilizando a liga de bronze-alumínio de corte rápido isenta de chumbo da reivindicação 1 ou 2, em que a temperatura de

forjamento de moldagens para vazamento contínuo horizontal
é de 650-710 °C.

Lisboa, 22 de Dezembro de 2011

FIG. 1A

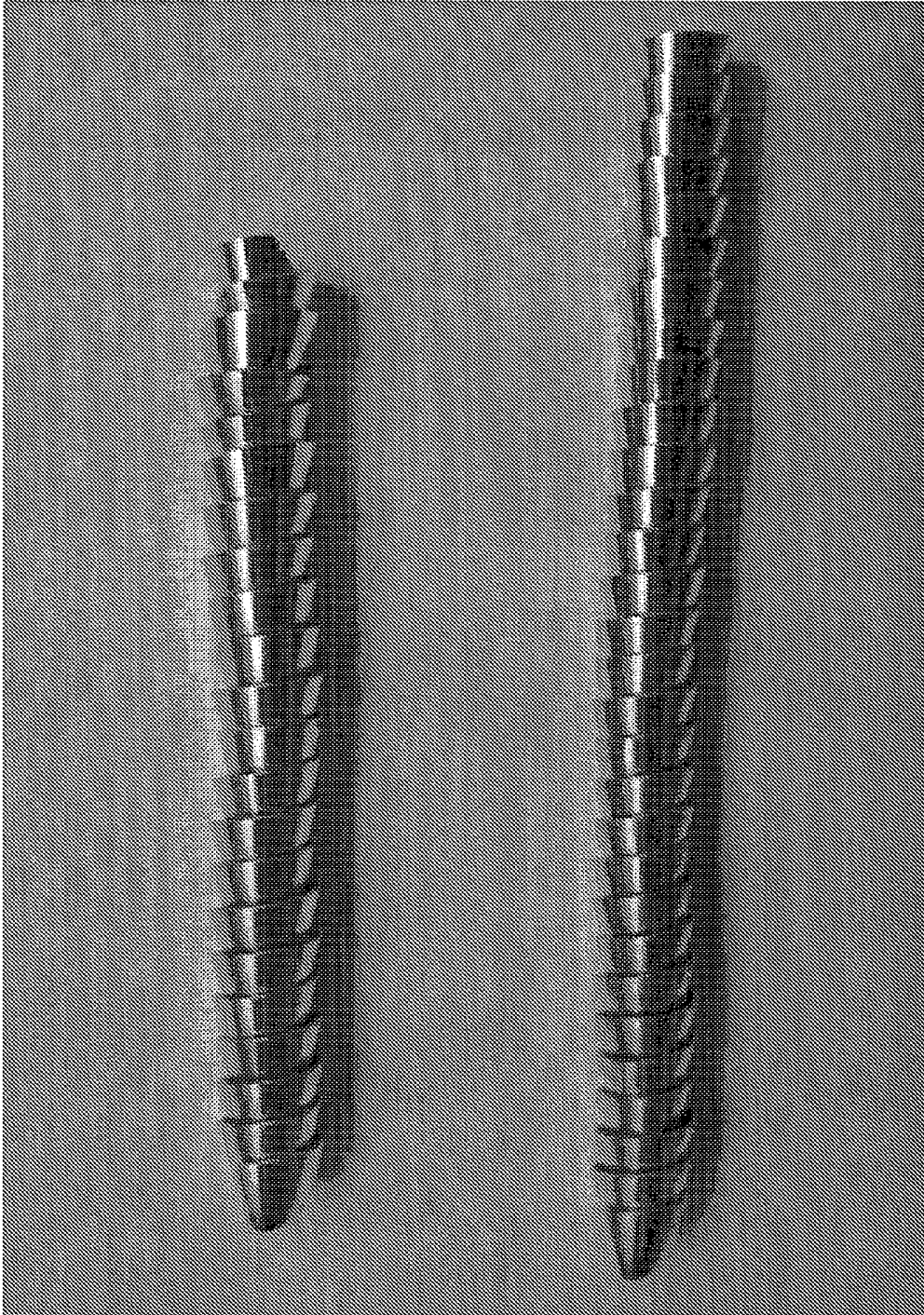


FIG. 1B

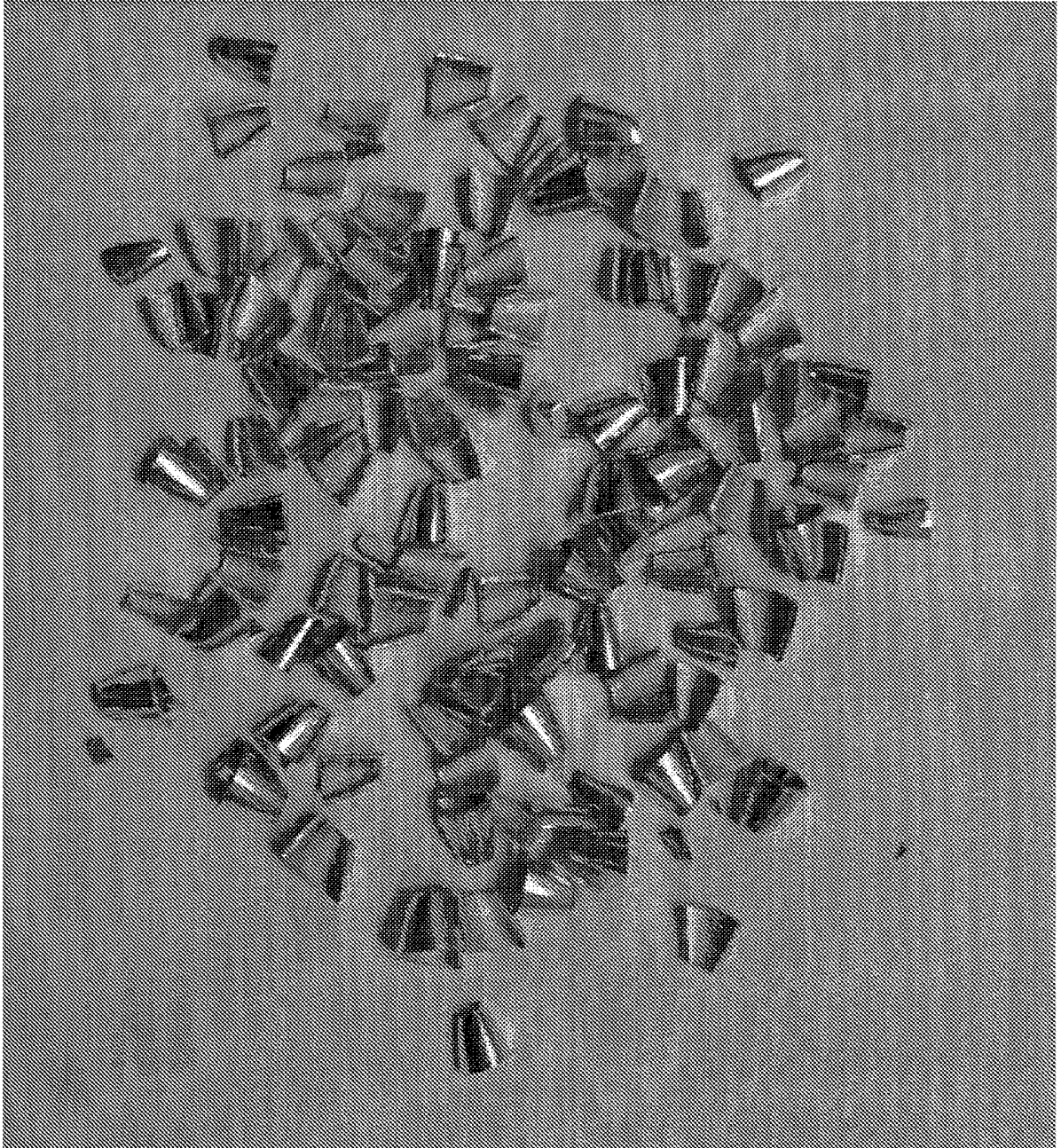


FIG. 1C



FIG. 1D

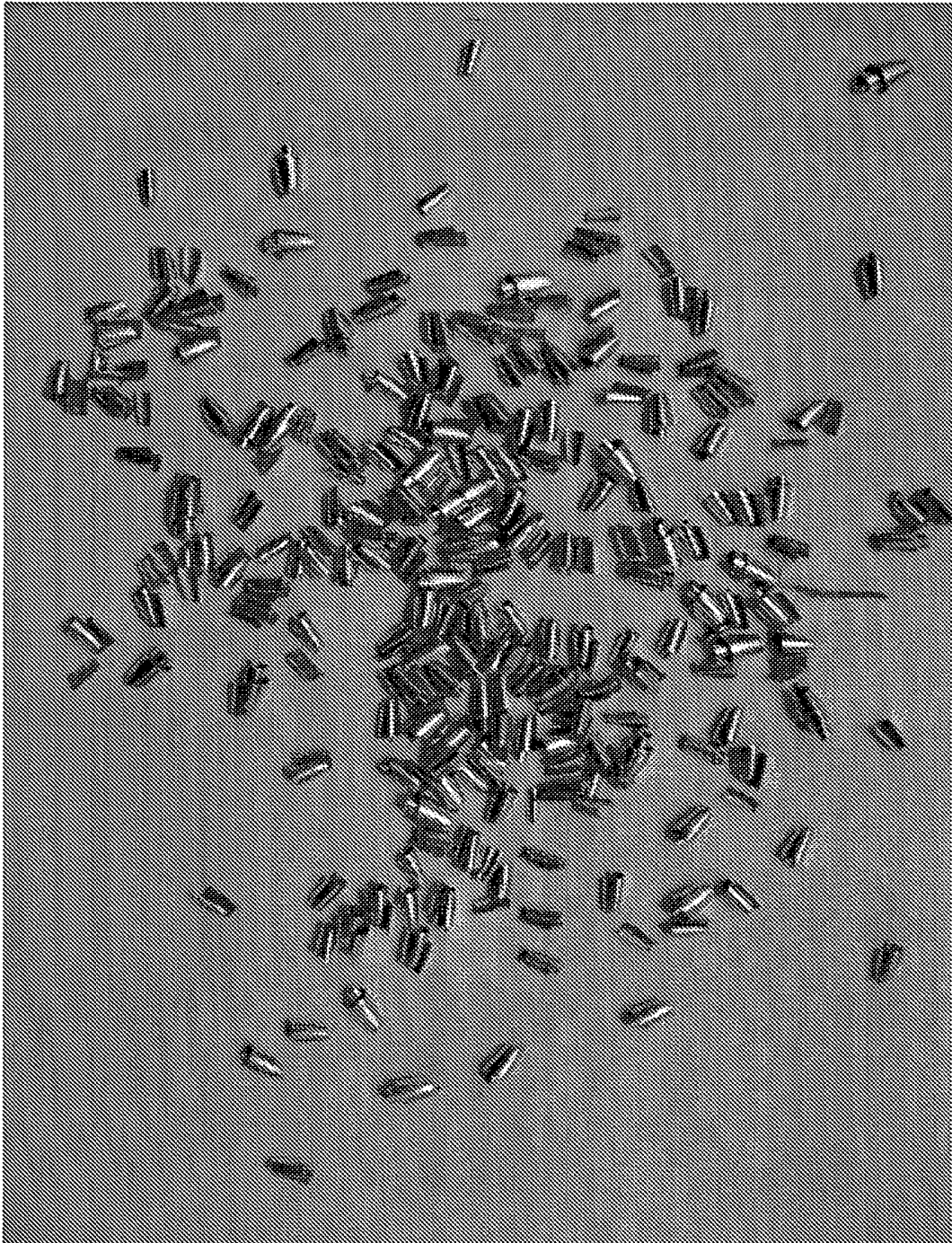


FIG. 1E



FIG. 1F



FIG. 2A

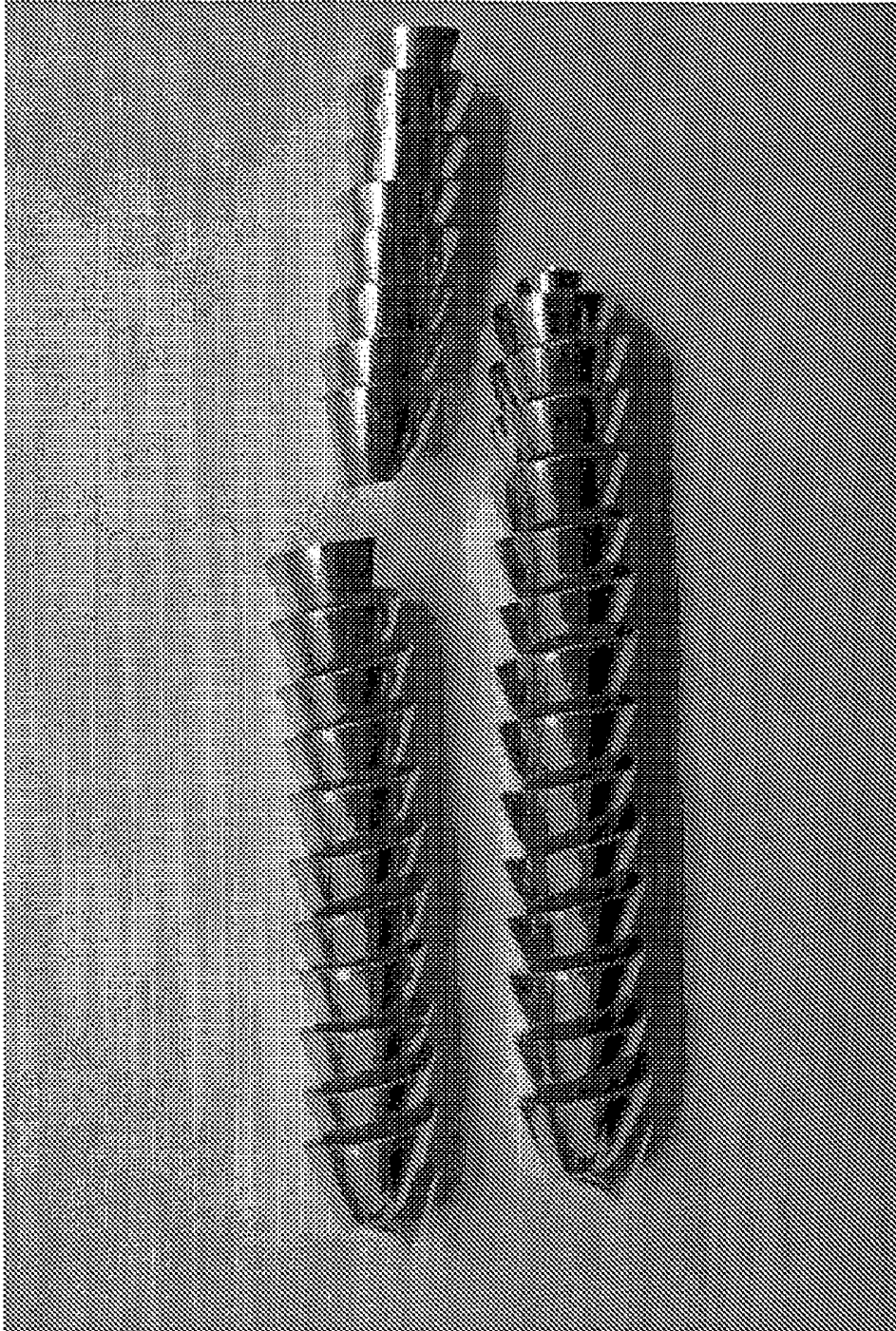
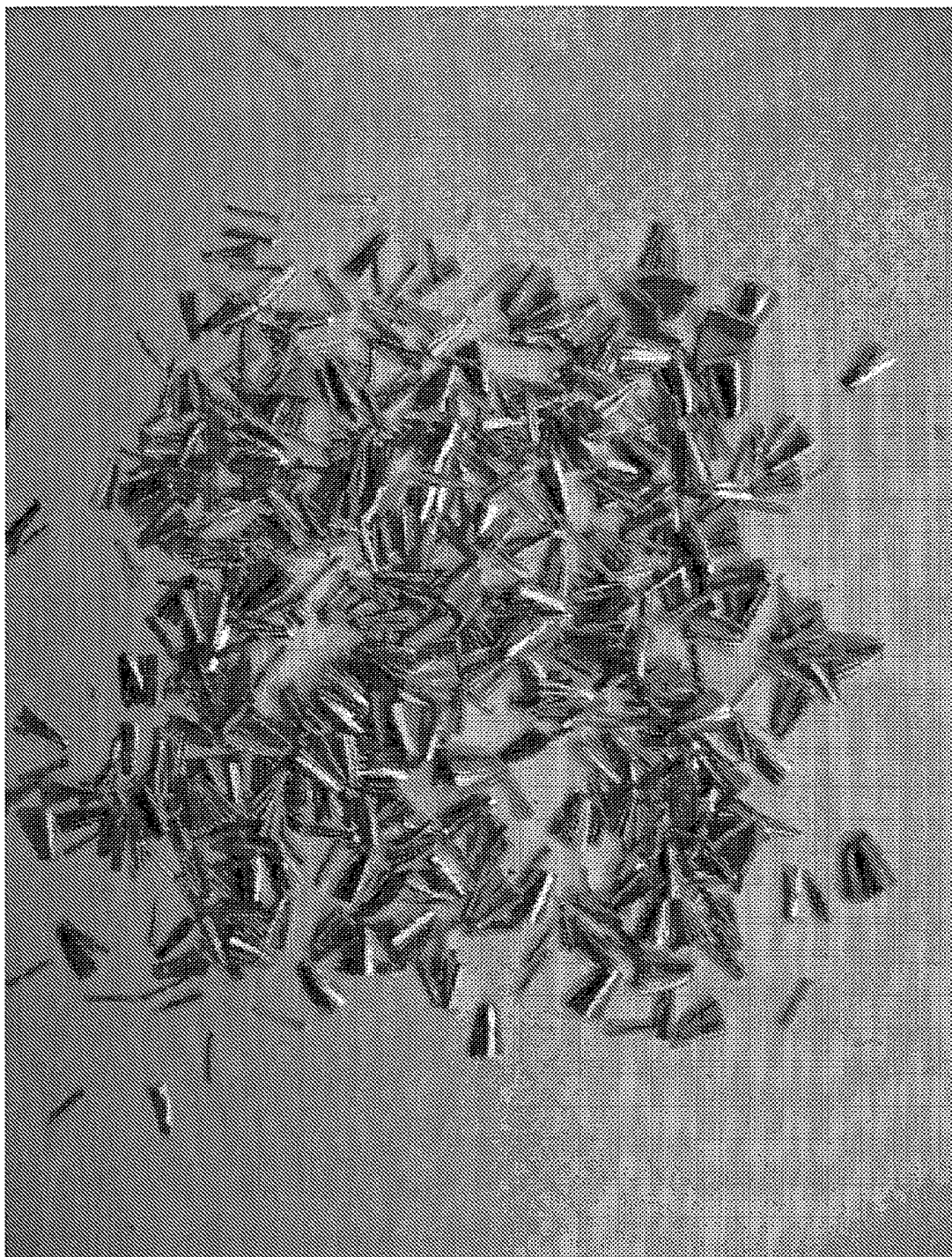


FIG. 2B



9/24

FIG. 2C



10/24

FIG. 2D



FIG. 2E



FIG. 2F

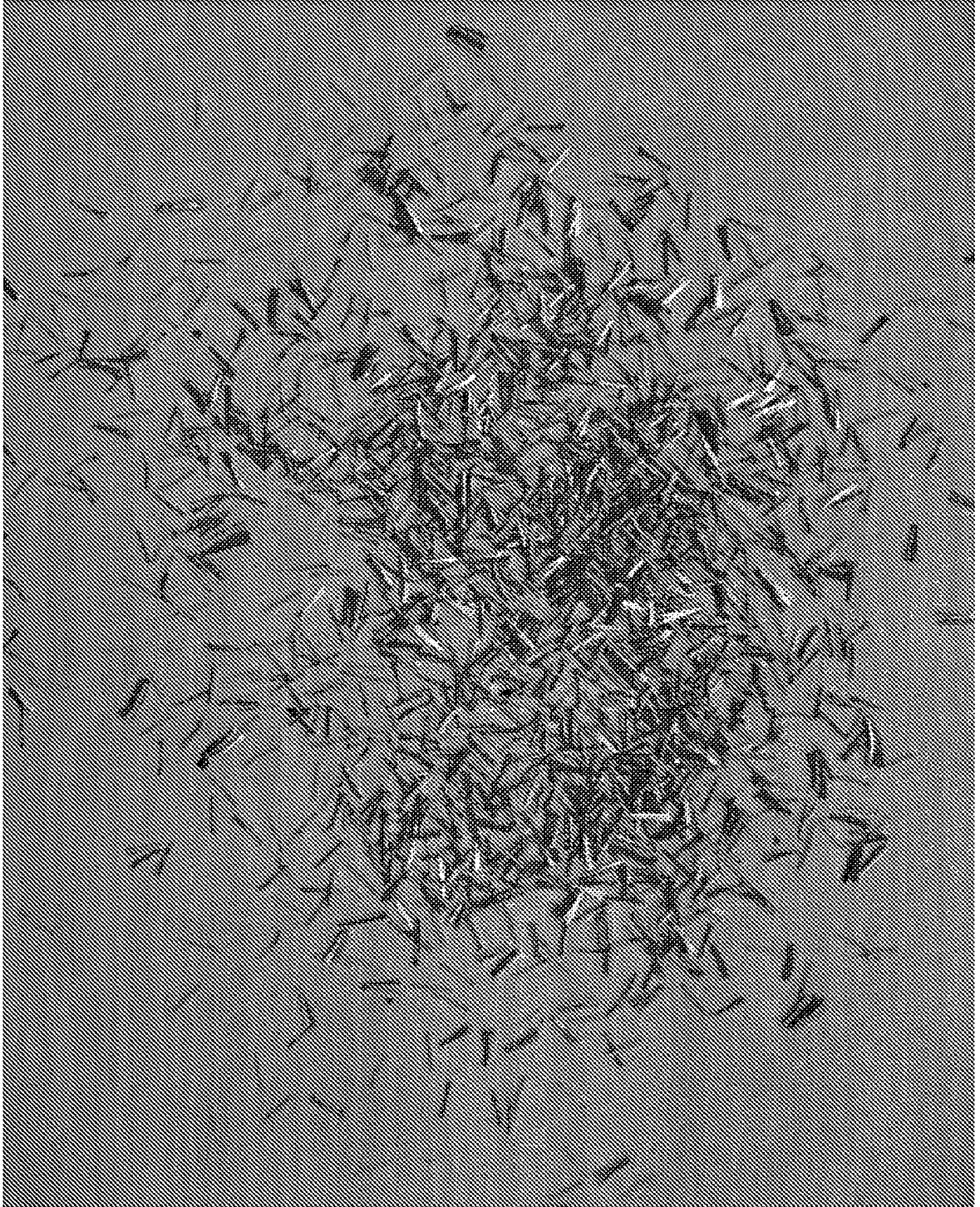


FIG. 3A

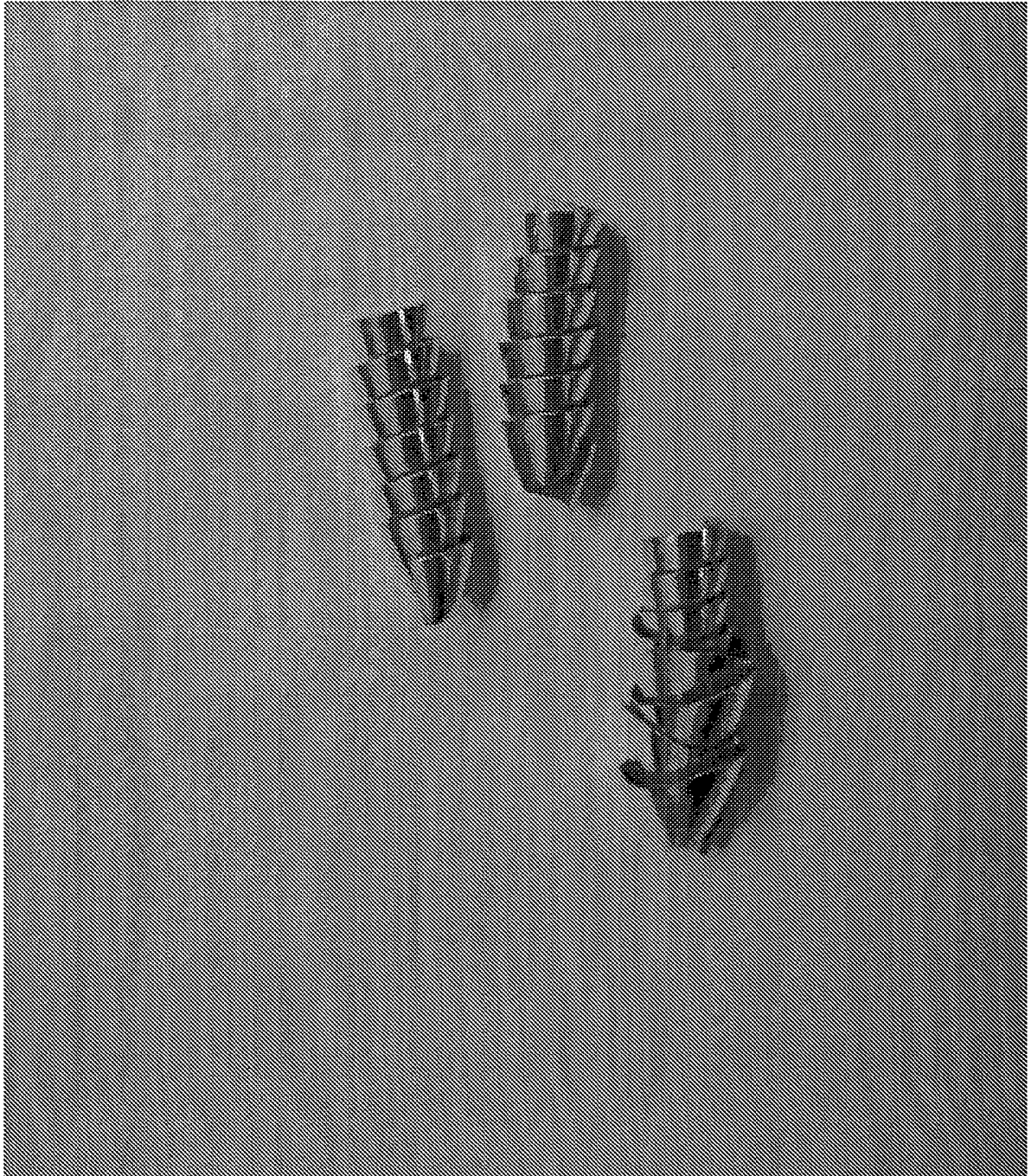


FIG. 3B

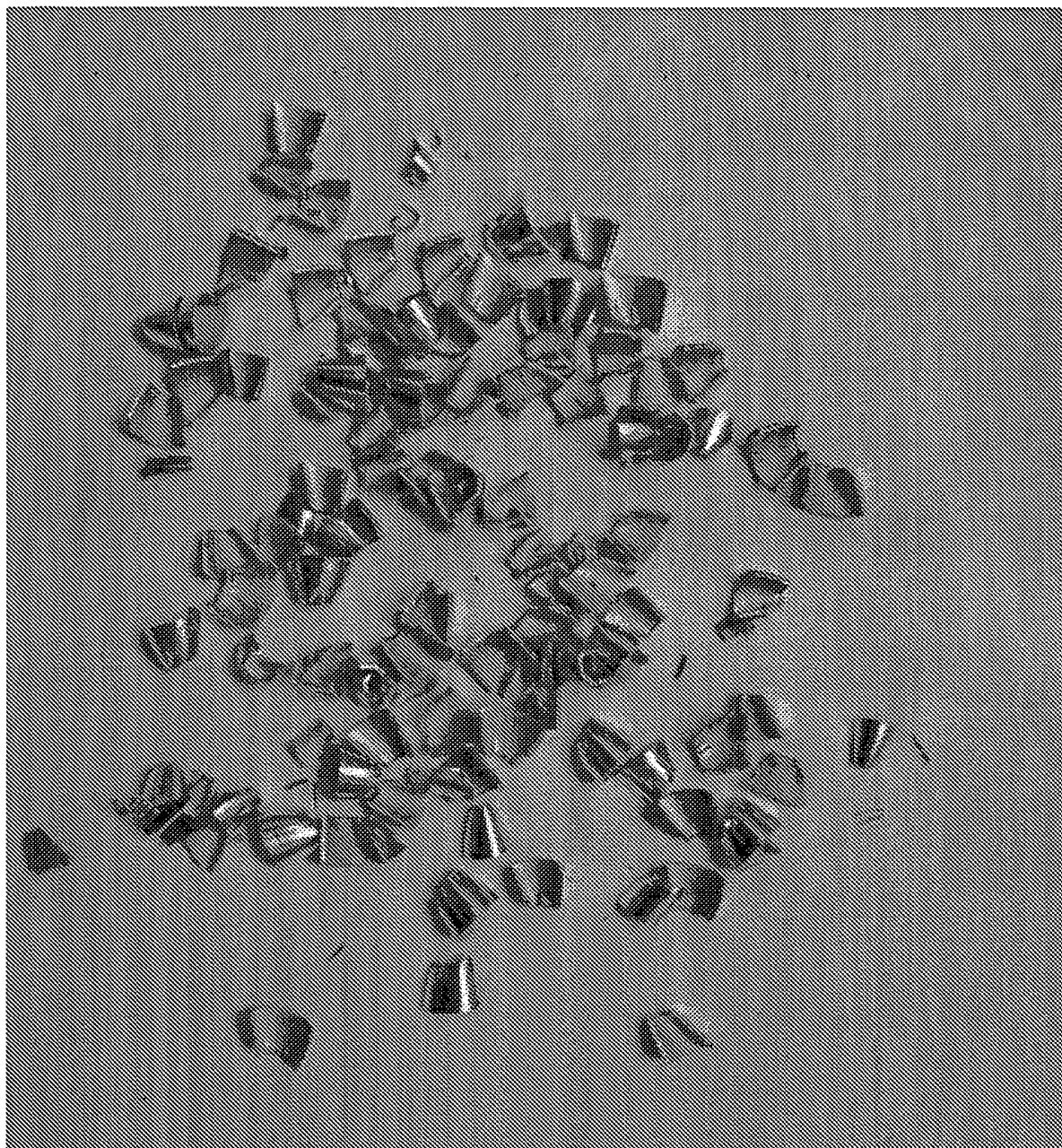


FIG. 3C

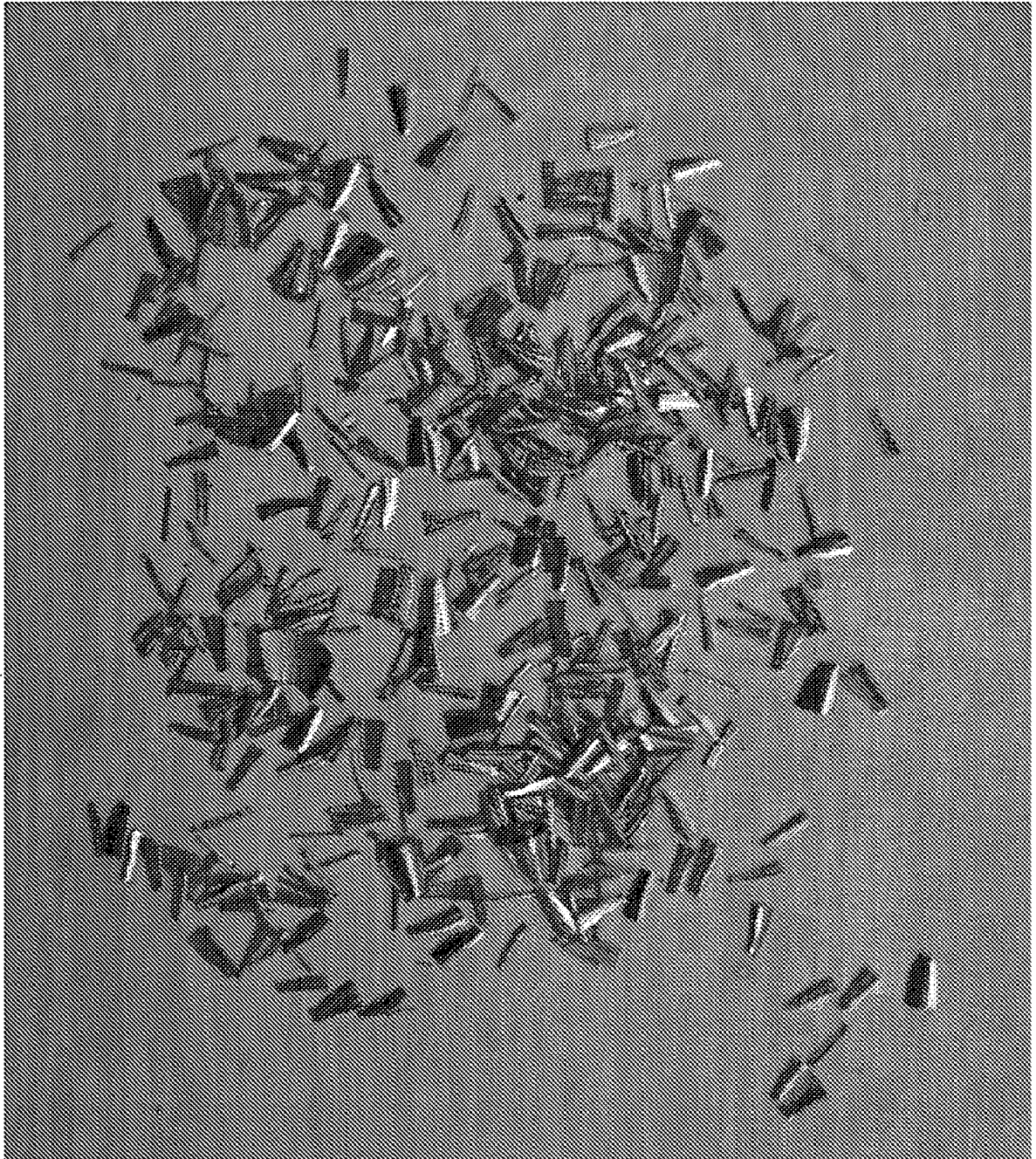


FIG. 3D



FIG. 3E

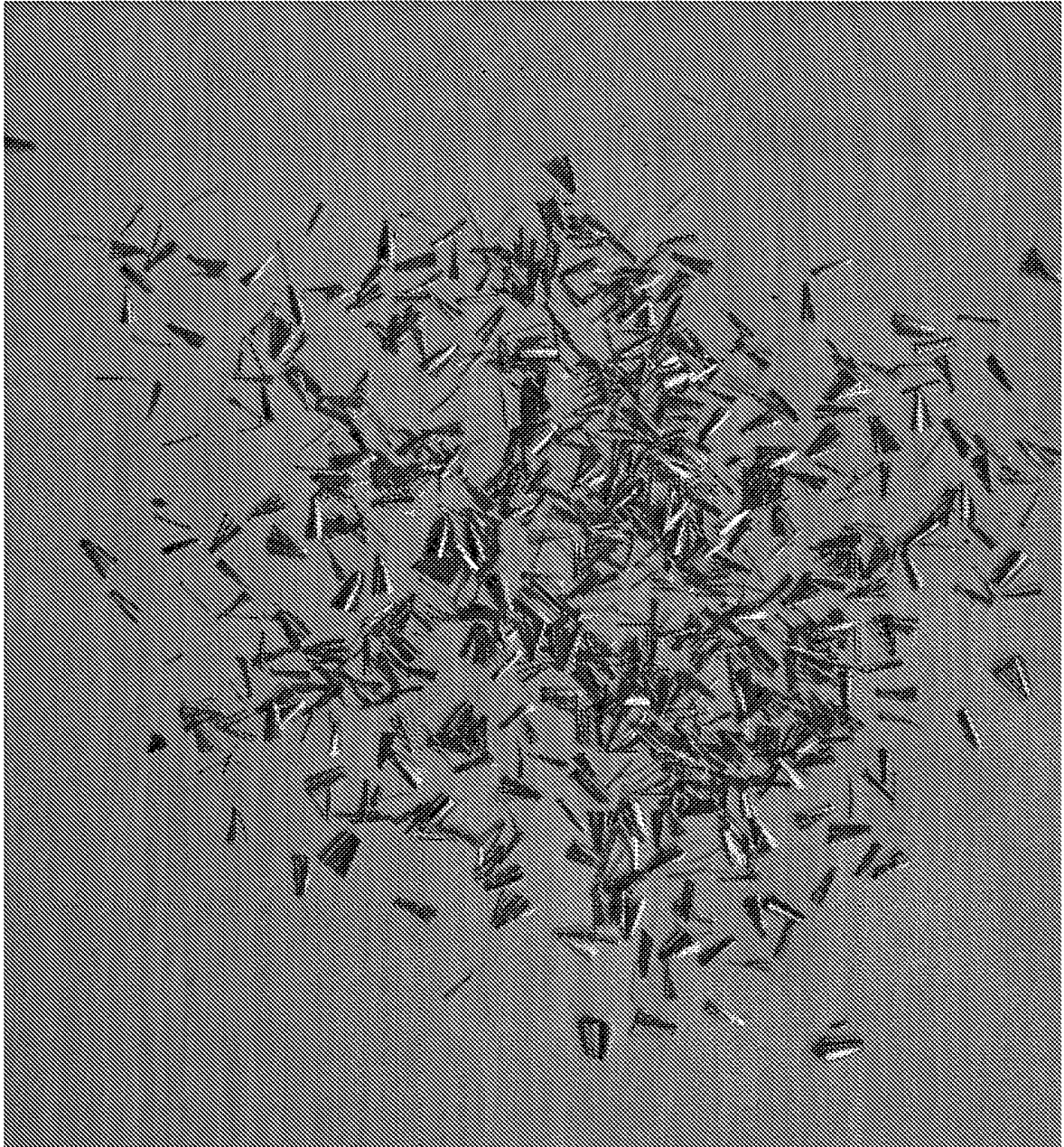


FIG. 3F



FIG. 4A

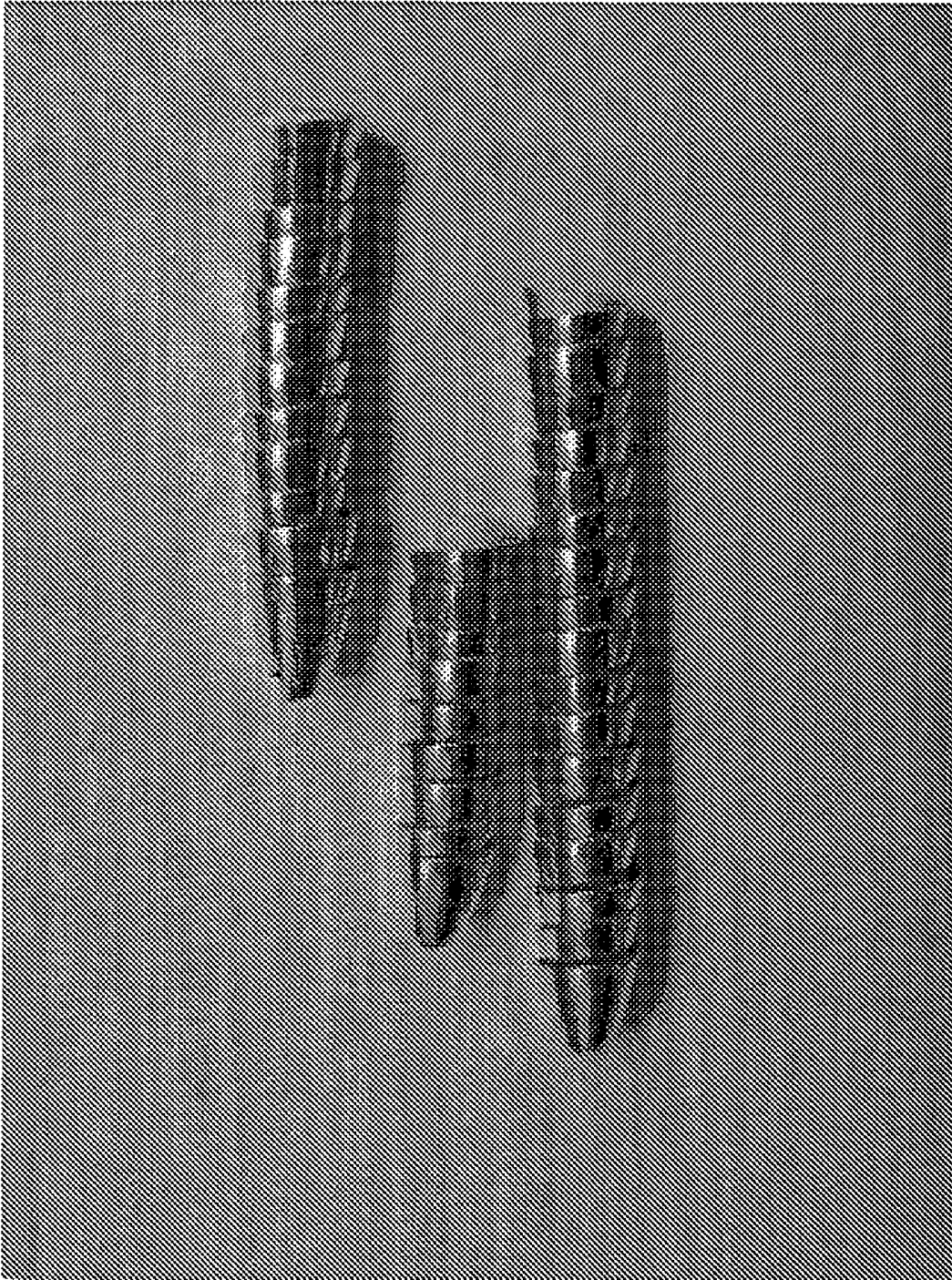


FIG. 4B

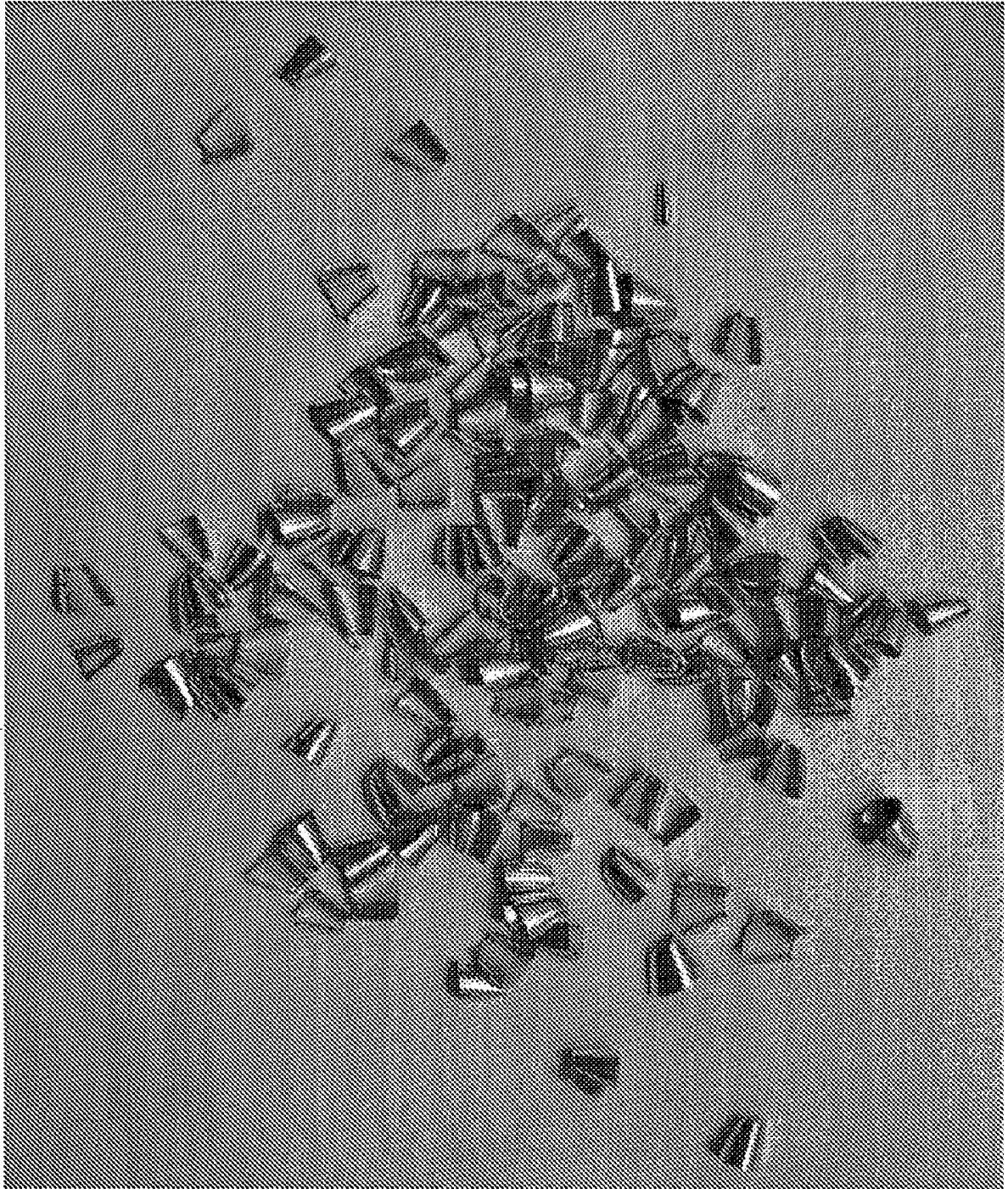


FIG. 4C

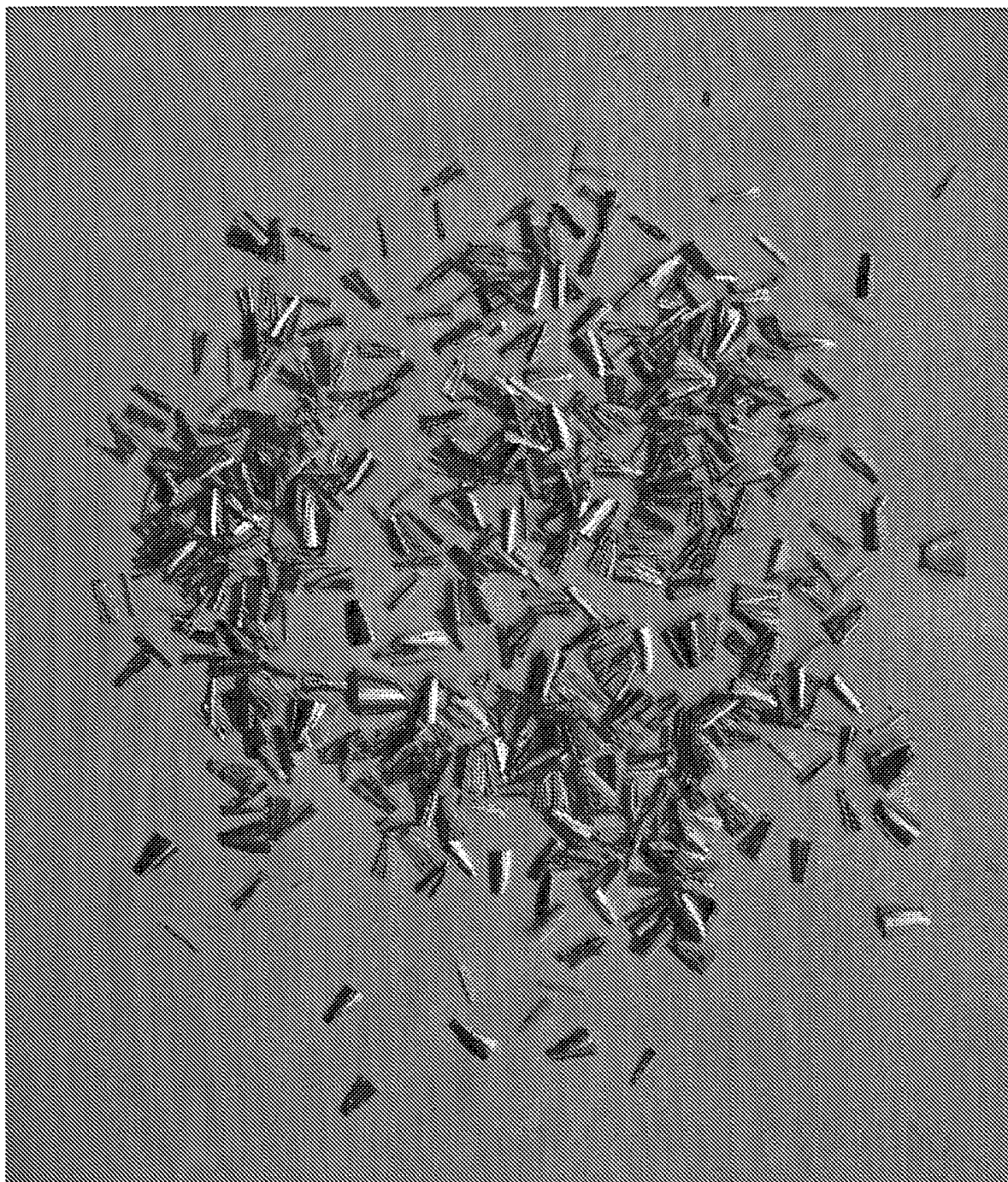


FIG. 4D

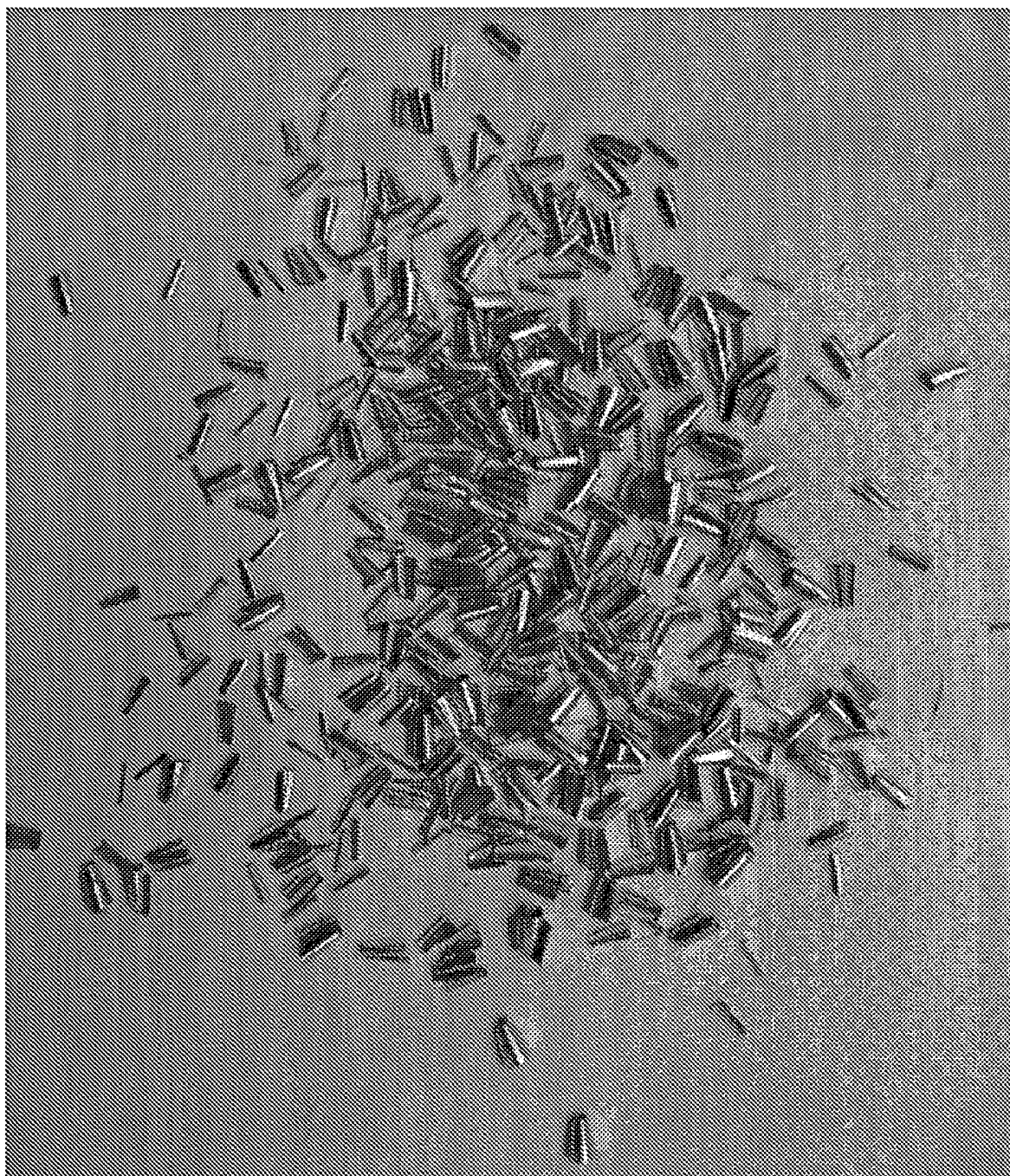


FIG. 4E



FIG. 4F

