



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1006715-9 B1

(22) Data do Depósito: 13/04/2010

(45) Data de Concessão: 27/02/2018



(54) Título: PÓ PARA FIO FLUXADO, FIO FLUXADO COM ENXOFRE E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO COM ENXOFRE

(51) Int.Cl.: C21C 7/00

(30) Prioridade Unionista: 16/04/2009 FR 09 52481

(73) Titular(es): AFFIVAL

(72) Inventor(es): ANDRÉ POULALION; SÉBASTIEN GERARDIN; VINCENT MORESCHI

“PÓ PARA FIO FLUXADO, FIO FLUXADO COM ENXOFRE E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO COM ENXOFRE”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se ao campo da metalúrgica e, mais precisamente, aos fios fluxados por meio dos quais são realizadas adições de enxofre nos banhos de metal líquido, em particular de aço e de ligas metálicas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] O fio fluxado de pó de enxofre é injetado no aço líquido para melhorar a usinabilidade do aço final, favorecendo a formação de aparas frágeis que são mais fáceis de eliminar durante a usinagem das peças. Além disso, o enxofre reduz o desgaste das ferramentas de corte pelo efeito de lubrificação conferido pelas inclusões não-metálicas que o contêm, e melhora o estado de superfície dessas ferramentas. A adição por fio fluxado permite obter uma precisão satisfatória em relação à quantidade de enxofre adicionada, principalmente se essa quantidade tiver de ser relativamente baixa com relação ao peso total de metal líquido utilizado.

[003] Esse fio fluxado é composto de um invólucro metálico que contém um pó à base de enxofre compactado. A fabricação desse fio, como para os fios fluxados que contêm outros tipos de aditivos, tais como silício-cálcio, pode começar classicamente por escoamento gravitário de enxofre pulverulento sobre uma banda metálica em deslocamento. A banda deve ter uma composição compatível com a do metal que deve ser aditivado. Ela é de aço quando o enxofre deve ser adicionado a um banho de aço líquido. A banda é em seguida soldada ou dobrada sobre ela mesma por perfilagem através de um dispositivo com roletes, para obter um fio fluxado que é depois calibrado no tamanho desejado. Outros processos de preparação de fio fluxado são conhecidos, alguns dos quais utilizam técnicas de extrusão e de laminação a

frio.

[004] A presente invenção aplica-se prioritariamente aos fios fluxados por perfilagem mecânica, mas não está excluído *a priori* utilizar o pó de acordo com a presente invenção que vai ser descrito para fabricar fios fluxados por outros métodos.

[005] A fabricação do fio fluxado envolve vários tipos de tensões mecânicas, em particular tensões de cisalhamento. O pó de enxofre sofre deformações diversas durante a fabricação do fio, em função de suas características mecânicas intrínsecas. Pela aplicação dessas tensões, o pó se densifica a frio em diversos gradientes.

[006] A origem e os processos de extração do enxofre são muito diversos (extração no estado nativo, a partir de minerais, de produtos petrolíferos, etc.). O enxofre existe sob diferentes variedades alotrópicas cristalizadas, em particular os enxofres ortorrômbico α e monoclinico β . O enxofre que compõe o fio fluxado utilizado em metalurgia, em particular para o aço e as ligas ferrosas, possui classicamente uma pureza superior a 95%, geralmente superior a 98%, de preferência a 99,5%. Um fio fluxado de pó de enxofre possui classicamente um diâmetro externo de 5 a 25mm e uma espessura de invólucro de 0,1 a 2mm.

[007] O pó de enxofre contido no fio fluxado provém de várias operações de trituração. Disso resulta uma distribuição granulométrica própria ao processo industrial de obtenção dos pós.

[008] Para o usuário, é interessante que a massa linear do enxofre contido no fio fluxado seja a mais elevada possível. De fato, o aumento da massa linear do fio fluxado confere ao usuário diversas vantagens técnico-econômicas:

- uma economia substancial nos custos de fabricação do fio fluxado, portanto, no seu preço de compra;

- uma economia nas despesas de logística no transporte do fio fluxado;
- uma economia no espaço de armazenamento das bobinas de fio fluxado;
- uma melhor difusão do material contido no fio fluxado no interior do metal líquido graças à presença de finas partículas;
- uma limitação da adição de gás injetado no interior dos banhos dos metais líquidos para realizar a agitação do banho que favorece a diluição dos aditivos;
- uma ausência de agente de aglutinação e/ou de lubrificação do material de origem.

[009] Atualmente, conforme conhecimentos da Depositante, a otimização do enchimento do fio fluxado não foi objeto de trabalhos específicos. Cada fio fluxado do comércio apresenta, portanto, uma massa linear que é função do processo de fabricação e das características físicas iniciais dos pós.

[0010] A finalidade da presente invenção é propor um processo de fabricação de fio fluxado com enxofre que permita uma otimização da massa linear do fio fluxado.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

[0011] Para esse fim, a presente invenção tem por objeto um pó para fio fluxado destinado à liga de um banho metálico líquido, formado de partículas compostas de pelo menos 95% de enxofre, caracterizado pelo fato de que sua população granulométrica é definida por:

- $1 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 340 \mu\text{m}$;
- $200 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 2000 \mu\text{m}$;
- $500 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 2900 \mu\text{m}$.

[0012] Uma variante preferida desse pó é caracterizada pelo fato

de que:

- $20 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 300 \mu\text{m}$;
- $800 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 1900 \mu\text{m}$;
- $2000 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 2700 \mu\text{m}$.

[0013] O pó pode resultar da mistura homogênea de duas populações granulométricas 1 e 2, sendo que a população granulométrica 1 representa entre 50 e 90% em massa da mistura e a população 2 representa entre 10 e 50% em massa da mistura, e as referidas populações são definidas por:

População 1:

- $350 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 1400 \mu\text{m}$
- $650 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 2200 \mu\text{m}$
- $1000 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 3000 \mu\text{m}$

População 2:

- $1 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 250 \mu\text{m}$
- $50 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 500 \mu\text{m}$
- $100 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 800 \mu\text{m}$

em que d_{10} , d_{50} e d_{90} são os diâmetros equivalentes das partículas para os quais os valores das distribuições acumuladas são respectivamente de 10, 50 e 90% em massa.

[0014] A população 1 representa idealmente 65 a 75% em massa da mistura e a população 2 representa idealmente 25 a 35% em massa da mistura.

[0015] A presente invenção tem igualmente por objeto um fio fluxado com enxofre destinado à liga de um banho metálico, caracterizado pelo fato de que contém um pó do tipo acima, em que a taxa de compactação desse pó no interior do fio é superior ou igual a 85%.

[0016] A presente invenção tem igualmente por objeto um

processo de fabricação de um fio fluxado com enxofre para a liga de banhos metálicos líquidos, caracterizado pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- preparação de um pó do tipo acima;
- escoamento gravitário do referido pó sobre uma banda metálica;
- soldagem ou dobra mecânica da referida banda sobre ela

mesma para formar o fio e perfilagem desse fio no diâmetro escolhido, de modo a obter um fio com uma taxa de compactação de pó superior ou igual a 85%.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0017] Deve-se compreender que a presente invenção refere-se a uma constituição particular do pó, pelo fato de que ele possui uma distribuição granulométrica precisa, resultando ou podendo resultar de uma mistura em proporções determinadas de duas populações granulométricas definidas e diferenciadas, mesmo que não esteja rigorosamente excluído que elas possam por vezes apresentar uma certa superposição.

[0018] O interesse da presente invenção é introduzir um máximo de massa de pó no interior desse fio fluxado, de seção constante. Isso permite reduzir a porosidade intergranular da mistura compacta final.

[0019] Um conjunto granular pode ser caracterizado por sua aptidão aos rearranjos após um escoamento ou uma vibração. Esse conjunto torna a se arranjar mais ou menos bem, em função das características físicas das partículas e do leito de partículas: o tamanho de partícula, a densidade verdadeira do material pulverulento, a morfologia das partículas, a compressibilidade do conjunto granular, a distribuição de tamanho das partículas.

[0020] A qualidade do empilhamento granular após um escoamento e/ou uma vibração influencia o nível de enchimento do fio fluxado.

O rearranjo granular é mais ou menos aleatório. Ele depende principalmente da morfologia, do tamanho e do aspecto de superfície das partículas. A inovação conferida pela presente invenção consiste na otimização e no melhoramento desse empilhamento a fim de obter o melhor nível de enchimento possível conservando ao mesmo tempo as características mecânicas finais do fio. É preciso também levar em conta propriedades intrínsecas do material de enchimento, que farão com que ele reaja de modo particular às tensões às quais ele será submetido durante a fabricação do fio, em particular durante as etapas de fechamento e de soldagem ou perfilagem do invólucro. Por esse motivo em particular, o problema da otimização da massa linear do fio fluxado final não pode ter uma solução única, válida para qualquer que seja o material de enchimento. Essa otimização deve ser finamente ajustada em função da natureza exata do material.

[0021] Por uma sucessão de experiências e de diferentes análises dos resultados obtidos, os inventores determinarem o que eles pensam ser a melhor distribuição granulométrica para um enchimento ótimo do fio fluxado por partículas de enxofre. Essa distribuição granulométrica desenvolve um empilhamento denso, proporcionando ao mesmo tempo um escoamento fácil do leito de pó durante o depósito do pó sobre a banda metálica na fabricação do fio. A moldabilidade desse conjunto granular caracteriza-se pelo índice de Hausner e pelo índice de compressibilidade.

[0022] A compressibilidade de um meio granular está ligada às propriedades de escoamento, pois ela é representativa das forças intragranulares e, portanto, indiretamente da coesão do meio. Quanto mais elevadas forem as forças interparticulares, mais o meio terá a possibilidade de se comprimir desde que os choques aplicados sejam suficientemente energéticos.

[0023] O índice de compressibilidade é determinado pela relação

das densidades aerada e comprimida:

$$\text{Compressibilidade} = (\rho_{\text{comprimida}} - \rho_{\text{aerada}}) / \rho_{\text{comprimida}}$$

em que:

$\rho_{\text{comprimida}}$ é a massa volumétrica aparente comprimida,

ρ_{aerada} é a massa volumétrica aparente não comprimida,

[0024] O índice de Hausner I_H , sempre superior a 1, aumenta quando a velocidade de escoamento diminui, portanto quando as fricções interparticulares se intensificam. Ele é sensível à morfologia, ao aspecto, ao tamanho, à densidade do pó e à umidade residual. É definido por:

$$I_H = \rho_{\text{comprimida}} / \rho_{\text{aerada}}$$

[0025] Quando há um rearranjo granular aleatório, ele dá origem após o escoamento gravitário a uma redução da porosidade intergranular.

[0026] As populações granulométricas que compõem a mistura resultante da presente invenção são definidas como indicado a seguir:

- $1 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 340 \mu\text{m}$;
- $200 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 2000 \mu\text{m}$;
- $500 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 2900 \mu\text{m}$.

[0027] Uma variante preferencial dessa mistura é definida por:

- $20 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 300 \mu\text{m}$;
- $800 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 1900 \mu\text{m}$;
- $2000 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 2700 \mu\text{m}$.

[0028] A massa volumétrica no estado comprimido que resulta desse conjunto granular é da ordem de 1,0 a 1,70 g/cm³. A morfologia das partículas de enxofre tanto pode ser esférica quanto arredondada, de tipo agulha, fibra ou poliedro. A taxa de compactação no interior desse fio fluxado é habitualmente da ordem de 75 a 80%, ao passo que na presente invenção é atingida uma taxa de compactação de pelo menos 85%.

[0029] Preferencialmente, esse pó é obtido por uma associação

otimizada de várias populações granulométricas distintas de partículas de enxofre com uma pureza de pelo menos 95%, de preferência superior a 98%, cujos tamanhos estão compreendidos no intervalo [0 - 5000 μm], aplicada ao fio fluxado. Essa associação é uma mistura homogênea de diversas proporções mássicas precisas, de cada população, obtida de forma por meio de um dispositivo de agitação granular com cuba giratória. As distribuições granulométricas das populações da presente invenção são definidas pelos índices d10, d50, d90.

- o índice d10 define o diâmetro equivalente para o qual o valor da distribuição acumulada é de 10% em massa;

- o índice d50 define o diâmetro equivalente para o qual o valor da distribuição acumulada é de 50% em massa;

- o índice d90 define o diâmetro equivalente para o qual o valor da distribuição acumulada é de 90% em massa.

[0030] A partir de misturas dessas populações granulométricas, é obtida tipicamente uma elevação do nível de enchimento que varia de 10 a 70% da massa linear em relação a um fio de mesmo diâmetro que utiliza o mesmo invólucro e fabricado nas mesmas condições por meio de qualquer uma dessas populações. A taxa de compactação desses fios fluxados com enxofre após a fabricação do fio é, de acordo com a presente invenção, superior ou igual a 85% para atingir uma massa linear ótima.

[0031] As populações granulométricas que segundo os inventores correspondem a uma versão preferida da presente invenção, na qual duas populações 1 e 2 são utilizadas, são descritas da seguinte maneira:

[0032] População 1:

- $350 \mu\text{m} \leq d10 \leq 1400 \mu\text{m}$

- $650 \mu\text{m} \leq d50 \leq 2200 \mu\text{m}$

- $1000 \mu\text{m} \leq d90 \leq 3000 \mu\text{m}$

[0033] População 2:

- $1 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 250 \mu\text{m}$
- $50 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 500 \mu\text{m}$
- $100 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 800 \mu\text{m}$

[0034] O protocolo experimental aplicado em laboratório consiste, em um primeiro momento, em misturar populações com distribuição granulométrica dada em proporções mássicas precisas. Em seguida, as características físicas das diferentes misturas, tais como a distribuição de tamanho de grãos e a densidade, são medidas. Esses dados permitem assim implantar uma modelização comportamental e fenomenológica do sistema.

[0035] Esses modelos obtidos indicam associações de proporções mássicas e granulométricas ideais. Uma seleção granular é então realizada a montante a fim de distribuir engenhosamente as classes granulométricas. A distribuição granulométrica ótima é finalmente composta de uma associação de várias classes de tamanho.

[0036] Essas misturas testadas com o processo industrial de fabricação do fio fluxado permitem confirmar a fase de modelização da experiência em laboratório. Por exemplo, a mistura ótima é composta de 65 a 75% em massa da população 1, misturada de modo homogêneo com 25 a 35% em massa da população 2. Uma mistura é considerada ótima quando apresenta as facultades de escoamento e as compacidades mais elevadas.

[0037] Essas misturas são criadas com um misturador de cuba giratória de tipo clássico vendido no comércio. As paredes internas do misturador são compostas de alcatruzes fixados criteriosamente a fim de limitar a heterogeneidade granular. Eles permitem assim que os materiais sejam agitados delicadamente sem modificação sensível do tamanho das partículas do leito de pó. A homogeneidade da mistura é assegurada durante um tempo de agitação de 1 a 10 minutos.

[0038] A taxa de compactação dos pós no interior do fio fluxado é determinada pela caracterização física de várias amostras representativas pela técnica de porosimetria com intrusão de mercúrio. Essa análise destrutiva permite medir a distribuição de tamanho de poros da porosidade aberta intra e intergranular. Paralelamente, a densidade teórica de um material pulverulento é medida por picnometria de hélio. Isso permite assim avaliar a taxa de compactação e avaliar a taxa de porosidade do conjunto granular no interior do fio fluxado.

[0039] O fio fluxado caracteriza-se tecnicamente em particular por sua massa linear, dependendo de seu grau de enchimento. Esse grau de enchimento é uma resultante da densidade da população pulverulenta ou granular que o compõe. O fio fluxado com enxofre tradicional com invólucro de aço, com um diâmetro externo compreendido entre 13 e 14 mm, possui uma massa linear compreendida no intervalo [180 g/m - 205 g/m]. A distribuição granulométrica usual do pó que ele contém está compreendida no intervalo [0 µm - 5000 µm].

[0040] Serão descritos a seguir exemplos de fios fluxados com enxofre de referência conhecidos e de fios fluxados com enxofre de acordo com a presente invenção, que mostrarão as vantagens da presente invenção. Esses fios foram fabricados pelo processo privilegiado na presente invenção de depósito do pó sobre uma banda metálica, soldagem ou dobra da referida banda sobre si mesma para formar o fio e a perfilagem do fio para conduzir a seu diâmetro nominal.

EXEMPLO DE REFERÊNCIA 1

FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO DE PÓ DE ENXOFRE PADRÃO E CONHECIDO COM UM DIÂMETRO EXTERNO DE 13,1 MM COM UMA BANDA DE 0,39 MM DE ESPESSURA

[0041] Para uma população A cuja distribuição granulométrica e cujas características são dadas a seguir:

TABELA N°1**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA POPULAÇÃO A DE ACORDO COM A NORMA****ASTM E11-01**

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
< 0,045	0,2
0,045 – 0,075	0,2
0,075 – 0,100	0,2
0,100 – 0,150	0,3
0,150 – 0,200	0,2
0,200 – 0,250	0,2
0,250 – 0,300	0,1
0,300 – 0,425	0,5
0,425 – 0,500	0,1
0,500 – 0,630	1,3
0,630 – 0,800	3,4
0,800 – 1,000	4,3
1,000 – 1,250	10,0
1,250 – 1,400	8,6
1,400 – 1,600	0,1
1,600 – 2,000	34,9
2,000 – 2,360	28,6
2,360 – 2,800	6,3
2,800 – 3,350	0,5

Pureza da população: S = 99,95%;

Massa volumétrica picnométrica: 2,02 g/cm³

Massa volumétrica comprimida: 1,18 g/cm³;

Massa volumétrica aerada: 1,09 g/cm³;

Índice de compressibilidade: 7,62%;

Índice de Hausner: 1,08;

d10 compreendido entre 0,800 e 1,000 mm;

d50 compreendido entre 1,600 e 2,000 mm;

d90 compreendido entre 2,000 e 2,360 mm.

[0042] A massa linear desenvolvida no interior do fio fluxado fabricado unicamente a partir da população A, cujo d10 é muito elevado para esteja de acordo com presente invenção, é de 189 g/m com uma taxa de compactação de 78%.

EXEMPLO 2

CORRESPONDENTE À INVENÇÃO

FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO DE PÓ DE ENXOFRE COM UM DIÂMETRO EXTERNO

DE 13,1 MM COM UMA BANDA DE 0,39 MM DE ESPESSURA

[0043] Outra população B de pó é utilizada, cuja distribuição granulométrica e cujas características são dadas a seguir:

TABELA N.º 2

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA POPULAÇÃO B DE ACORDO COM A NORMA

ASTM E11-01

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
< 0,045	3,8
0,045 – 0,075	7,8
0,075 – 0,100	9,9
0,100 – 0,150	12,9
0,150 – 0,200	14,7
0,200 – 0,250	12,9
0,250 – 0,300	10,9
0,300 – 0,425	23,1
0,425 – 0,500	3,6
0,500 – 0,630	0,3
0,630 – 0,800	0,1

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
0,800 – 1,000	0,1
1,000 – 1,250	0,1
1,250 – 1,400	0,0
1,400 – 1,600	0,0
1,600 – 2,000	0,0
2,000 – 2,360	0,0
2,360 – 2,800	0,0
2,800 – 3,350	0,0

Pureza da população: $S = 99,95\%$;

Massa volumétrica picnométrica: $2,02 \text{ g/cm}^3$;

Massa volumétrica comprimida: $1,13 \text{ g/cm}^3$;

Massa volumétrica aerada: $0,90 \text{ g/cm}^3$;

Índice de compressibilidade: $20,35\%$;

Índice de Hausner: $1,25$;

d_{10} compreendido entre $0,045$ e $0,075 \text{ mm}$;

d_{50} compreendido entre $0,200$ e $0,250 \text{ mm}$;

d_{90} compreendido entre $0,300$ e $0,425 \text{ mm}$.

[0044] Como os índices de escoamento desse pó são medíocres (índice de compressibilidade e índice de Hausner elevado), esse pó sozinho, cujo d_{90} é muito baixo para que ele esteja de acordo com a presente invenção, não permite obter um fio fluxado de massa linear regular em condições de fabricação normais.

[0045] Para uma mistura que forma uma população C constituída de 70% em massa do lote A e 30% em massa do lote B, cuja distribuição granulométrica e cujas características são dadas a seguir:

TABELA N°3**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA POPULAÇÃO C DE ACORDO COM A NORMA****ASTM E11-01**

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
< 0,045	0,0
0,045 – 0,075	2,5
0,075 – 0,100	2,9
0,100 – 0,150	4,8
0,150 – 0,200	5,2
0,200 – 0,250	4,2
0,250 – 0,300	3,6
0,300 – 0,425	7,5
0,425 – 0,500	2,2
0,500 – 0,630	2,3
0,630 – 0,800	3,3
0,800 – 1,000	3,2
1,000 – 1,250	8,0
1,250 – 1,400	1,2
1,400 – 1,600	2,9
1,600 – 2,000	23,2
2,000 – 2,360	18,4
2,360 – 2,800	4,4
2,800 – 3,350	0,2

Massa volumétrica picnométrica: 2,02 g/cm³;

Massa volumétrica comprimida: 1,47 g/cm³;

Massa volumétrica aerada: 1,25 g/cm³;

Índice de compressibilidade: 14,96%;

Índice de Hausner: 1,17;

d10 compreendido entre 0,100 e 0,150 mm;

d50 compreendido entre 1,250 e 1,400 mm;

d90 compreendido entre 2,000 e 2,360 mm.

[0046] Obtém-se um fio com uma massa linear de 237 g/m e uma taxa de compactação de 88%. A massa linear é superior de 25% à de um fio similar de mesmo diâmetro externo 13,1 mm e uma espessura de banda de 0,39 mm fabricado nas mesmas condições a partir da população A isoladamente, embora essa população A tenha sido misturada à população B que, considerada separadamente, não teria conduzido a resultados satisfatórios devido à sua moldabilidade ruim.

EXEMPLO 3

CORRESPONDENTE À PRESENTE INVENÇÃO

FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO DE PÓ DE ENXOFRE COM UM DIÂMETRO EXTERNO DE 13,1 MM COM UMA BANDA DE 0,39 MM DE ESPESSURA

[0047] Um pó de enxofre constitui uma população D e apresenta a distribuição granulométrica e as seguintes características:

TABELA N°4

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA POPULAÇÃO D DE ACORDO COM A NORMA ASTM E11-01

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
< 0,045	0,1
0,045 – 0,075	0,2
0,075 – 0,100	0,2
0,100 – 0,150	0,2
0,150 – 0,200	0,2
0,200 – 0,250	0,2
0,250 – 0,300	0,2
0,300 – 0,425	0,9
0,425 – 0,500	0,9

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
0,500 – 0,630	2,3
0,630 – 0,800	4,3
0,800 – 1,000	6,6
1,000 – 1,250	12,1
1,250 – 1,400	7,2
1,400 – 1,600	0,5
1,600 – 2,000	31,6
2,000 – 2,360	20,1
2,360 – 2,800	11,9
2,800 – 3,350	0,2

Pureza da população: S = 99,95%;

Massa volumétrica picnométrica: 2,02 g/cm³;

Massa volumétrica comprimida: 1,14 g/cm³;

Massa volumétrica aerada: 1,03 g/cm³;

Índice de compressibilidade: 9,64%;

Índice de Hausner: 1,10

d10 compreendido entre 0,800 e 1,000 mm;

d50 compreendido entre 1,600 e 2,000 mm;

d90 compreendido entre 2,360 e 2,800 mm.

[0048] O uso dessa população D isoladamente, cujo d10 é mais elevado do que é exigido pela presente invenção, permite obter um fio fluxado de diâmetro externo 13,1 mm com uma banda de 0,39 mm cuja massa linear é de 181 g/m com uma taxa de compactação de 76%.

[0049] É realizada uma mistura que forma uma população E constituída de 60% em massa da população D e de 40% em massa da população B, e que apresenta a distribuição granulométrica e as seguintes características:

TABELA N°5**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA POPULAÇÃO E DE ACORDO COM A NORMA****ASTM E11-01**

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
< 0,045	3,8
0,045 – 0,075	5,5
0,075 – 0,100	3,5
0,100 – 0,150	5,3
0,150 – 0,200	4,7
0,200 – 0,250	3,6
0,250 – 0,300	3,4
0,300 – 0,425	5,8
0,425 – 0,500	0,4
0,500 – 0,630	1,3
0,630 – 0,800	0,7
0,800 – 1,000	2,5
1,000 – 1,250	2,8
1,250 – 1,400	2,6
1,400 – 1,600	0,2
1,600 – 2,000	17,7
2,000 – 2,360	24,9
2,360 – 2,800	11,0
2,800 – 3,350	0,1

Massa volumétrica picnométrica: 2,02 g/cm³;

Massa volumétrica comprimida: 1,43 g/cm³;

Massa volumétrica aerada: 1,16 g/cm³;

Índice de compressibilidade: 18,80%;

Índice de Hausner: 1,23

d10 compreendido entre 0,075 e 0,100 mm;

d50 compreendido entre 1,600 e 2,000 mm;

d90 compreendido entre 2,360 e 2,800 mm

[0050] O uso dessa população E permite obter um fio fluxado de massa linear igual a 225 g/m, superior de 24% à que é obtida com a população D isoladamente e uma taxa de compactação igual a 86%. Nesse caso também, a mistura da população D com a população B nas proporções dadas permitiu obter um fio fluxado de 13,1 mm com uma banda de 0,39 mm fabricados nas mesmas condições, com características bem melhores do que a utilização isolada da população D teria permitido.

[0051] Deve-se notar, porém, que a compacidade e a massa linear desse fio fluxado são um pouco inferiores às do fio do exemplo 2. Isso é pode ser atribuído ao fato que o d90 da população E é mais elevado do que o da população C, e não cai necessariamente na gama preferida da presente invenção.

EXEMPLO DE REFERÊNCIA 4

FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO DE PÓ DE ENXOFRE COM UM DIÂMETRO EXTERNO DE 9,2 MM COM UMA ESPESSURA DE BANDA DE 0,20 MM

[0052] Um pó de enxofre constitui uma população F cuja distribuição granulométrica e cujas características são as seguintes:

TABELA N°6

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA POPULAÇÃO F DE ACORDO COM A NORMA ASTM E11-01

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
< 0,045	0,0
0,045 – 0,075	0,0
0,075 – 0,100	0,0
0,100 – 0,150	0,1
0,150 – 0,200	0,1
0,200 – 0,250	0,7
0,250 – 0,300	1,4
0,300 – 0,425	3,8
0,425 – 0,500	3,0

Classe de tamanho (mm)	Porcentagem
0,500 – 0,630	6,2
0,630 – 0,800	10,1
0,800 – 1,000	13,0
1,000 – 1,250	20,5
1,250 – 1,400	10,0
1,400 – 1,600	9,4
1,600 – 2,000	20,7
> 2,000	1,0

Pureza da população: $S = 99,95\%$;

Massa volumétrica picnométrica: $2,02 \text{ g/cm}^3$;

Massa volumétrica comprimida: $1,14 \text{ g/cm}^3$;

Massa volumétrica aerada: $1,01 \text{ g/cm}^3$;

Índice de compressibilidade: $11,40\%$

Índice de Hausner: $1,13$;

d_{10} compreendido entre $0,500$ e $0,630$ mm;

d_{50} compreendido entre $1,000$ e $1,250$ mm;

d_{90} compreendido entre $1,600$ e $2,000$ mm.

[0053] O uso dessa população F isoladamente, cujo d_{10} é mais elevado do que é exigido pela presente invenção, permite obter um fio fluxado de diâmetro $9,2$ mm com uma espessura de banda de $0,20$ mm cuja massa linear é de 82 g/m com uma taxa de compactação de 75% .

EXEMPLO 5 DE ACORDO COM A PRESENTE INVENÇÃO

FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO DE PÓ DE ENXOFRE DE UM DIÂMETRO EXTERNO DE

9,2 MM COM UMA ESPESSURA DE BANDA DE 0,20 MM

[0054] É realizada uma mistura constituída de 70% em massa da população A e de 30% em massa da população B, de acordo com a população C descrita no exemplo 2.

[0055] O uso dessa população C para fabricar um fio fluxado de

diâmetro externo de 9,2 mm com uma espessura de banda de 0,20 mm como no exemplo de referência 4 e nas mesmas condições, permite obter um fio que apresenta uma massa linear igual a 109 g/m, superior de 29% à do exemplo de referência 4 realizado a partir da população F isoladamente, e uma taxa de compactação de 89%.

REIVINDICAÇÕES

1. PÓ PARA FIO FLUXADO, destinado à liga de um banho metálico líquido, sendo que o pó é formado de partículas compostas de pelo menos 95% de enxofre, caracterizado pelo fato de que sua população granulométrica é definida por:

- $1 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 340 \mu\text{m}$;
- $200 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 2000 \mu\text{m}$;
- $500 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 2900 \mu\text{m}$;

em que d_{10} , d_{50} e d_{90} são os diâmetros equivalentes das partículas para as quais os valores de distribuições acumuladas são, respectivamente, 10, 50 e 90% em massa.

2. PÓ, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que sua população granulométrica é definida por:

- $20 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 300 \mu\text{m}$;
- $800 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 1900 \mu\text{m}$;
- $2000 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 2700 \mu\text{m}$.

3. PÓ, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo fato de que resulta da mistura homogênea de duas populações granulométricas 1 e 2, em que a população granulométrica 1 representa entre 50 e 90% em massa da mistura e a população 2 representa entre 10 e 50% em massa da mistura, as referidas populações sendo definidas por:

População 1:

- $350 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 1400 \mu\text{m}$;
- $650 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 2200 \mu\text{m}$;
- $1000 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 3000 \mu\text{m}$;

População 2:

- $1 \mu\text{m} \leq d_{10} \leq 250 \mu\text{m}$;

- $50 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 500 \mu\text{m}$;
- $100 \mu\text{m} \leq d_{90} \leq 800 \mu\text{m}$.

4. PÓ, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a população 1 representa de 65 a 75% em massa da mistura e a população 2 representa de 25 a 35% em massa da mistura.

5. FIO FLUXADO COM ENXOFRE, destinado à liga de um banho metálico, caracterizado pelo fato de que contém um pó conforme definido em uma das reivindicações 1 a 4, em que a taxa de compactação desse pó no interior do fio é superior ou igual a 85%.

6. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM FIO FLUXADO COM ENXOFRE, para a liga de banhos metálicos líquidos, caracterizado pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- preparação de um pó conforme definido em uma das reivindicações 1 a 4;
- escoamento gravitário do referido pó sobre uma banda metálica;
- soldagem ou dobra mecânica da referida banda sobre ela mesma para formar o fio e perfilagem desse fio no diâmetro escolhido, de modo a obter o fio cuja taxa de compactação de pó é superior ou igual a 85%.