

MEMÓRIA DESCRITIVA
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

Nº 94.696

NOME: APPLIED INDUSTRIAL MATERIALS CORPORATION, AIMCOR, norte-americana, industrial, com sede em Parkway North Center, One Parkway North, Suite 400, Deerfield, Illinois 60015, Estados Unidos da América do Norte

EPÍGRAFE: "PROCESSO PARA O FABRICO DE BRIQUETES DE MATÉRIA-PRIMA"

INVENTORES: Gert-Wilhelm Lask

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção da União de Paris de 20 de Março de 1883.

Republica Federal Alemã, 15 de Julho de 1989, No.
P 39 23 446.0-24



MEMÓRIA DESCRITIVA

Resumo

O presente invento diz respeito a um processo para o fabrico de briquetes de matéria-prima, sobretudo para a produção de silício ou ligas de silício em forno eléctrico de cuba baixa, segundo o qual se mistura areia de quartzo, um porta-carbono não aglutinante, de preferência coque de petróleo, e um agente aglutinante contendo pez, sendo esta

=====

APPLIED INDUSTRIAL MATERIALS CORPORATION, AIMCOR

"PROCESSO PARA O FABRICO DE BRIQUETES DE MATERIA-PRIMA"

-2-

mistura básica briquetada em pré-moldes e, por meio de um tratamento térmico de compactação, os briquetes de matéria-prima são formados a partir dos pré-moladores. Como agente aglutinante contendo pez, é utilizada uma mistura de aglutinantes de pez e carvão aglutinante, que apresenta uma temperatura acima de 100°C a 200°C.

A areia de quartzo e o porta-carbono não aglutinante são misturados com a mistura de agentes aglutinantes a uma temperatura de mistura que se situa na mesma gama de temperatura. Os pré-molde são briquetados fora desta temperatura de mistura e são submetidos a um tratamento térmico que apresenta uma temperatura final superior a 450°C.

São também objecto deste invento os briquetes de matéria-prima assim fabricados.

Este invento diz respeito a um processo para o fabrico de moldes de matéria-prima, sobretudo para a produção de silício ou ligas de silício em forno electrico de cuba baixa, misturando-se areia de quartzo, um porta-carbono não aglutinante, de preferência coque de petróleo, e um agente aglutinante contendo pez, ao mesmo tempo que esta mistura básica é briquetada em pré-moldes e os moldes de matéria-prima são formados a partir dos pré-moldes por meio de um tratamento térmico de compactação. - No fabrico destes moldes de materia-prima, trabalha-se, geralmente, com areia de quartzo na gama de granulação de 0,05 a 0,2 mm e nomeadamente com diferentes cintas de granulação nesta gama. Isto significa que, quando da produção de silício de ferro, também se podem juntar adicionalmente aos moldes de matéria-prima finas particulas de ferro ou finas particulas de óxido de ferro. No entanto, o ferro ou o óxido de ferro também podem ser adicionados ao leito de fusão do forno electrico de cuba baixa, de preferência em forma de peças ou peletes. Aliás, os moldes de materia-prima e o quartzo pertencem ao leito de fusão. - O invento refere-se ainda aos moldes de materia-prima fabricados de acordo com o processo.

Aos moldes de matéria-prima para a finalidade indicada são colocadas exigências especiais dos pontos de vista quimico e fisico. Assim, sob o ponto de vista quimico, quando se produz silício, deve ter-se em conta (GB-PS 20 84 122) que, quando da passagem dos moldes de matéria-prima através do forno electrico de cuba baixa, primeiramente na parte superior, pode formar-se carboneto de silício de acordo com a equação

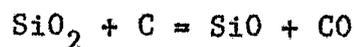


Para isso, o teor total de carbono em cada um dos moldes de materia-prima devera ser ajustado em conformidade.

Em geral, o ajustamento faz-se "supra-estequiometricamente" (GB-PS 21 50 128). Sob o ponto de vista fisico, tem de garantir-se que os moldes de matéria-prima, na sua passagem através do forno electrico de cuba baixa e especialmente quando da redução a SiC, não se degradam, para, na parte inferior do forno electrico de cuba baixa, continuarem a reagir com o quartzo fundido, de acordo com a equação



Isto quer dizer que no forno electrico de cuba baixa ainda se verificam outras reacções. Entre outros, com as elevadas temperaturas do forno, de acordo com a equação



forma-se monoxido de silicio volatil que, influenciando o rendimento e o equilibrio térmico, se perde, em parte.

No processo conhecido, do qual deriva o invento (DE-OS 37 24 541), trabalha-se com pré-moldes isentos de carvão aglutinante, assim como também é feita uma briquetagem de agentes aglutinantes. O tratamento térmico é efectuado num forno tubular rotativo aquecido que, na sua parte inferior está de tal modo cheio de areia de quartzo que o tratamento térmico é efectuado num leito de imersão de areia de quartzo. Este sistema resultou bem.

Nomeadamente na passagem dos moldes de matéria-prima fabricados deste modo através do forno electrico de cuba baixa, eles satisfazem todas as exigências e há uma garantia de que os processos quimicos atrás referidos se realizam de forma bem definida. Em relação ao comportamento a longo prazo, antes da utilização, os moldes de materia-prima fabricados pelo processo conhecido carecem, no entanto, de aperfeiçoamento. Com o tempo, a sua resistência mecânica durante o armazenamento diminui, por vezes, de forma incômoda. Isto é devido ao facto de ser difundido ar para dentro dos moldes de matéria-prima e, especialmente quando do armazenamento ao ar livre, também entrar água, o que vai influenciar as forças de ligação da ligação interior. Não é este o caso dos moldes de matéria-prima destinados ao mesmo fim, que são fabricados pelo processo da briquetagem a quente (DE-OS 30 09 808), no entanto, a briquetagem a quente é relativamente dispendiosa.

A tarefa básica do invento é indicar um processo para o fabrico de moldes de matéria-prima, nomeadamente para a produção de silicio ou ligas de silicio em forno electrico de cuba baixa, que dê origem a moldes de matéria-prima que, não só na sua passagem através do forno electrico de cuba baixa, satisfaçam todas as exigências sob o ponto de vista fisico e quimico, mas além disso também se distingam pelo

seu excelente comportamento a longo prazo, não perdendo a sua resistência, especialmente também durante o transporte e armazenagem ao ar livre.

Para solucionar esta questão, o invento ensina que, como agente aglutinante contendo pez, seja utilizada uma mistura de agentes aglutinantes de pez e carvão aglutinante, que apresente uma temperatura de mais de 100°C até 200°C; que a areia de quartzo e o porta-carbono não aglutinante sejam misturados com a mistura de agentes aglutinantes a uma temperatura de mistura, que se situa na mesma gama de temperaturas, e os pré-moldes sejam briquetados fora desta temperatura de mistura e sejam submetidos a um tratamento térmico, que apresenta uma temperatura final de mais de 450°C.

No processo de acordo com o invento, a briquetagem com a qual os moldes de matéria-prima são produzidos a partir dos pré-moldes é uma briquetagem de agentes aglutinantes, tal como é habitual na produção de briquetes de carvão de pedra. Neste ponto, apesar do elevado teor de areia de quartzo dos pré-moldes, a tecnologia pode ser aplicada à conhecida briquetagem de agentes aglutinantes. Em geral, trabalha-se com as habituais prensas de briquetagem e pressões de compressão de 1 a 2 t/cm².

Estranhamente, quando se utiliza a referida mistura de agentes aglutinantes referida e se observam os parâmetros indicados, os moldes de matéria-prima fabricados satisfazem todas as exigências, também no que diz respeito ao comportamento a longo prazo. Isto acontece especialmente, quando se trabalha com uma mistura de agentes aglutinantes sob a forma de liga de pez/carvão. Assim, no âmbito do invento, fala-

-se de uma liga pez/carvão, quando o pez e o carvão aglutinante como que se dissolveram um no outro e, deste modo, deu-se uma integração dos dois componentes num novo agente aglutinante ligado. Isto é especialmente fácil de conseguir, quando se trabalha com carvão de partículas bastante finas. Nos moldes de matéria-prima fabricados de acordo com o invento, a liga de pez/carvão é, estranhamente, insensível ao ar que se difunde e à humidade.

No âmbito do invento, existem várias possibilidades de outros desenvolvimentos. Assim, obtêm-se resultados particularmente bons, sempre que, aquando da mistura, a areia de quartzo, o porta-carbono não aglutinante e a mistura de agentes aglutinantes, apresentam a mesma temperatura e se trabalha de preferência com uma temperatura de cerca de 160°C.

Enquanto que no processo conhecido, descrito na introdução (DE-OS 37 24 541), no tratamento térmico de compactação tem de se trabalhar com um forno tubular rotativo, de acordo com o invento, o tratamento termico pode ser efectuado de outro modo, por exemplo numa grelha móvel, que se desloca num forno ou numa câmara apropriada e é coberta com os pré-moldes, formando uma ou várias camadas. Também de acordo com o invento, uma forma de execução preferida caracteriza-se pelo facto dos pré-moldes serem sujeitos ao tratamento térmico de compactação num forno tubular rotativo. Um tratamento térmico muito favorável e resistências finais elevadas são conseguidos quando se fabricam pré-moldes, cujo peso específico, por ajustamento da proporção de mistura e da compactação, é maior do que o peso aparente da areia de quartzo, e quando estes pré-moldes, com vista ao tratamento termico, são introduzidos num forno tubular rotativo aquecido, de tal modo cheio

de areia de quartzo que o tratamento termico dos pré-moldes é feito num leito de imersão de areia de quartzo. A areia de quartzo tem, de preferência, uma temperatura de cerca de 500 a 530°C e concretamente, pelo menos na área da extremidade de saída do forno tubular rotativo. Neste caso, o forno tubular rotativo é convenientemente cheio de areia de quartzo, de tal modo que o volume da areia de quartzo é maior do que o volume correspondente ao volume intersticial duplo dos pré-moldes a granel. De resto, neste aspecto, de acordo com o invento, pode recorrer-se à tecnologia revelada no DE-OS 37 24 541.

Tendo em vista uma optimização, o invento recomenda que se trabalhe com uma mistura de agentes aglutinantes que, relativamente à mistura básica, a partir da qual os pré-moldes são briquetados, foi constituída, pelo menos, por 7% do peso de pez, sob a forma de pez proveniente de carvão e petróleo, especialmente pez de electrodos, e pelo menos por 12% do peso de carvão aglutinante de granulação fina. De preferência, trabalha-se com uma mistura de agentes aglutinantes que apresenta 7 a 12% do peso de pez e 12 a 14% do peso de carvão aglutinantes de granulação fina. Além disso, trabalha-se com uma mistura básica que apresenta 20 a 40% do peso de areia de quartzo, a mistura de agentes aglutinantes e, no resto, coque de petróleo.

Trabalha-se, de preferência, com areia de quartzo com a granulação de 0,05 a 0,2 mm e com coque de petróleo com uma granulação inferior a 2 mm, em que, pelo menos 60%, é inferior a 0,5 mm.

Os moldes de materia-prima fabricados de acordo com o invento distinguem-se pelo seu comportamento

a longo prazo e pelo seu comportamento no forno electrico de cuba baixa. No âmbito do invento, cabe à mistura básica misturar substâncias minerais de particulas finas. Deste modo, pode conseguir-se uma activação dos moldes de matéria-prima que se torna eficaz a uma temperatura superior a 1500°C. Os moldes de matéria-prima produzidos de acordo com o invento também podem ser utilizados no forno de cupula aquando da produção de ferro fundido e, concretamente, como porta-silicio e porta-carbono.

O invento é, a seguir, descrito mais pormenorizadamente através de um exemplo de execução. Faz parte do exemplo de execução uma representação gráfica. Esta representação gráfica tem um eixo das ordenadas que indica a resistencia dos moldes de materia-prima à pressão e um eixo das abcissas no qual está registado o tempo.

1) Para fabricar moldes de matéria-prima para a produção de silicio ou ligas de silicio no forno electrico de cuba baixa, misturaram-se intimamente, num primeiro ensaio,

38% do peso de areia de quartzo com a granulação de 0,08 a 0,25 mm

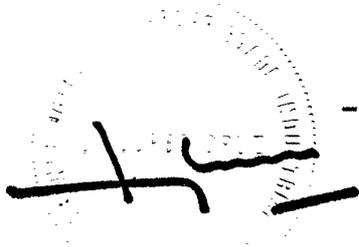
50% do peso de coque de petróleo com a granulação de 2 mm e

12% do peso pez de electrodos, a uma temperatura de 160°C.

O ponto de amolecimento do pez de electrodos era de 90°C segundo Kaines. Após conclusão do processo de mistura, a mistura básica preparada como atrás se disse apresentava uma temperatura de 145°C.

A partir desta mistura básica e após arrefecimento da mesma para 105°C, com uma prensa de briquetagem fabricaram-se pré-moldes, sobretudo de forma esférica, com um diâmetro de cerca de 2 cm e, nomeadamente, com uma pressão de compressão de 1,5 t/cm². Os pré-moldes foram submetidos a um tratamento térmico de endurecimento num forno tubular rotativo, tal como descrito, em pormenor, no DE-OS 37 24 541. Os moldes de matéria-prima fabricados, após armazenagem ao ar livre, mostravam, no que diz respeito à resistência à pressão, um comportamento a longo prazo, tal como se pode ver pela representação gráfica na curva a).

No campo da resistência à pressão, antes da descida da curva a), no forno electrico de cuba baixa, eles satisfaziam todas as exigências sob o ponto de vista fisico e quimico.



2) Num segundo ensaio, fundiram-se numa liga de pez/
/carvão, primeiramente uma parte do peso do pez de electrodos
indicado no ensaio 1) e 1,8 partes do peso do carvão agluti-
nante, granulação 80% entre 0,1 a 0,2 mm, a uma temperatura
de cerca de 160°C. Com 18% desta liga de pez/carvão - em vez
do pez de electrodos utilizado no primeiro ensaio, no entanto
nas mesmas condições - foi repetido o primeiro ensaio, concre-
tamente até aos moldes de matéria-prima já prontos. A seguir
ao armazenamento ao ar livre, estes apresentavam um comporta-
mento a longo prazo, relativamente à resistência à pressão,
tal como ilustrado na curva b) da representação gráfica.

3) Num terceiro ensaio, o ensaio 2) foi repetido até
ao fabrico dos pré-moldes que, no entanto, foram endurecidos
numa grelha móvel no mesmo tempo de tratamento e temperatura.
A curva c) mostra a resistência à pressão dos moldes de maté-
ria-prima fabricados deste modo.

Uma comparação das curvas a) b) e
c) apresenta, de forma impressionante, os aperfeiçoamentos con-
seguidos através do processo de acordo com o invento.

REIVINDICAÇÕES

1ª. - Processo para o fabrico de moldes de matéria-prima, sobretudo para a produção de silício ou ligas de silício em forno electrico de cuba baixa, pelo qual são misturados areia de quartzo, um porta-carbono não aglutinante, de preferência coque de petróleo, e um agente aglutinante contendo pez, ao mesmo tempo que esta mistura básica é briquetada em pré-moldes, a partir dos quais são formados os moldes de matéria-prima, através de um tratamento térmico de compactação, caracterizado pelo facto de, como agente aglutinante contendo pez, ser utilizada uma mistura de agentes aglutinantes de pez e carvão aglutinante que apresenta uma mistura de mais de 100°C a 200°C, sendo a areia de quartzo e o porta-carbono não aglutinante misturados com a mistura de agentes aglutinantes a uma temperatura de mistura que se situa na mesma gama de temperatura e os pré-moldes são briquetados fora desta temperatura de mistura e submetidos a um tratamento térmico que apresenta uma temperatura final superior a 450°C.

2ª. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de se trabalhar com uma mistura de agentes aglutinantes sob a forma de uma liga de pez/carvão.

3ª. - Processo de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2 caracterizado pelo facto de a areia de quartzo, o porta-carbono não aglutinnate e a mistura de agentes aglutinantes apresentarem a mesma temperatura aquando da mistura.

4ª. - Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo facto de se trabalhar com uma temperatura de cerca de 160°C.

5ª. - Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo facto de os pré-moldes serem num forno tubular rotativo submetidos ao tratamento térmico de compactação.

6ª. - Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo facto de serem produzidos pré-moldes cujo peso especifico, por ajustamento da proporção de mistura e da compressão, é maior do que o peso aparente da areia de quartzo e estes pré-moldes com vista a um tratamento térmico serem introduzidos num forno tubular rotativo que está de tal modo cheio de areia de quartzo que o tratamento térmico dos pré-moldes é feito num leito de imersão de areia de quartzo.



7ª. - Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo facto de o forno tubular rotativo estar de tal modo cheio de areia de quartzo que o volume da areia de quartzo é maior do que o que corresponde ao volume intersticial duplo dos pré-moldes a granel.

8ª. - Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo facto de se trabalhar com uma mistura de agentes aglutinantes que, relativamente à mistura básica, a partir da qual os pré-moldes são briquetados, foi formada, pelo menos, por 7% do peso de pez, sob a forma de pez proveniente de carvão ou de petróleo, especialmente pez de electrodos, e pelo menos, por 12% do peso de carvão aglutinante de granulação fina.

9ª. - Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo facto de se trabalhar com uma mistura inicial que apresenta 20 a 40% do peso de areia de quartzo, a mistura dos agentes aglutinantes e, no residuo, coque de petróleo assim como, eventualmente activadores.

10ª. - Processo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo facto de se trabalhar com areia de quartzo com uma granulação de 0,05 a 0,2 mm e com coque de petróleo com uma granulação inferior a 2 mm, sendo, pelo menos



60%, inferior a 0,5 mm.

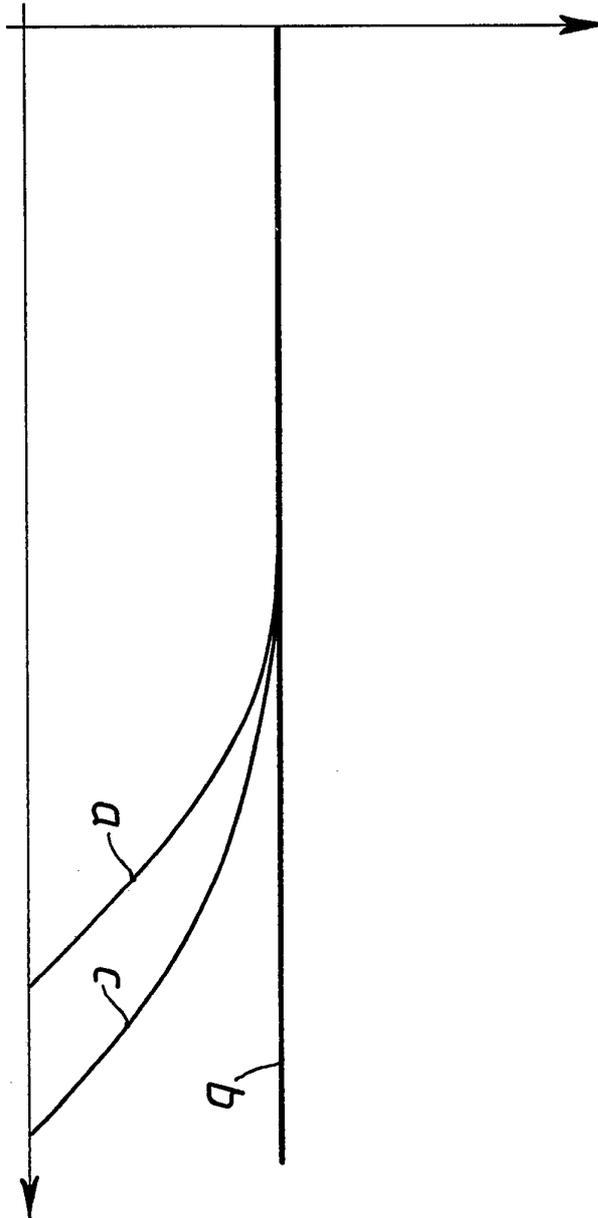
11ª. - Briquetes de matéria-prima caracterizado por serem fabricados pelo processo, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 10.

Lisboa, 13 de Julho de 1990

A handwritten signature in black ink, consisting of several bold, sweeping strokes, is positioned above the typed name of the official.

J. PEREIRA DA CRUZ
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 10-A, 1.º
1200 LISBOA

11



)
)
)
)