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

(11) PI 0805077-5 B1

(22) Data do Depósito: 15/07/2008

(45) Data de Concessão: 06/06/2017

(54) Título: PROCESSO DE SEPARAÇÃO E BRIQUETAGEM DA PARTE METÁLICA CONTIDA EM RESÍDUOS PROVENIENTES DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS

(51) Int.Cl.: C22B 1/00; C22B 1/14

(73) Titular(es): SERVIGRAN INDUSTRIA E COMÉRCIO. FUNDAÇÃO DE APOIO À CIÊNCIA E TECLONOGIA DO ESPÍRITO SANTO. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO - IFES

(72) Inventor(es): JOSÉ ROBERTO DE OLIVEIRA; ITAMAR DE MORI CEZARIO

Relatório Descritivo da Patente de Invenção: **"PROCESSO DE SEPARAÇÃO E BRIQUETAGEM DA PARTE METÁLICA CONTIDA EM RESÍDUOS PROVENIENTES DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS".**

Refere-se a presente invenção a um processo de obtenção da parte metálica contida em resíduos provenientes do corte de rochas ornamentais por separação magnética e sua briquetagem. Mais precisamente, trata-se do processamento do resíduo proveniente do corte de rochas ornamentais, como mármore e granito, em um separador magnético de baixa intensidade a úmido, a fim de obter a parte metálica separada da parte não-metálica, que são óxidos, para que, em seguida, tal parte metálica possa ser misturada e homogeneizada com aglutinante e, posteriormente, transformada em briquetes por meio de uma briquetadeira de rolos, uma vez que esta parte metálica é obtida na forma de finos com granulometria 100% abaixo de 0,2 milímetros. Através desta briquetagem, este metal poderá ser utilizado pelo setor siderúrgico, na produção do aço e/ou ferro fundido, uma vez que esta matéria possui uma composição química muito próxima às de diversos aços comercias.

As usinas metalúrgicas exigem matérias-primas em granulometrias controladas para carregamento nos fornos industriais, não aceitando produtos em granulometrias finas ou na forma de pó, que são carregados pelas fumaças e gases aspiradores pelas chaminés e exaustores. As matérias-primas são peneiradas quando chegam dos fornecedores, gerando enormes volumes de produtos de pequenos diâmetros que não têm utilização industrial, sendo então dispensados ou vendidos a baixos preços.

O processo de briquetagem consiste no aproveitamento e compactação de resíduos. Quando se trata de resíduos minerais, estes podem ser beneficiados com sua transformação em briquetes, a fim de reingressarem ao processo produtivo. As vantagens do processo de briquetagem são muitas: produção de energia mais barata, menor emissão de poluentes, reaproveitamento de sobras de materiais, entre outros; garantindo assim, grandes vantagens ecológicas e econômicas.

Sabe-se que a indústria de rochas ornamentais gera grande quantidade de resíduos (efluentes) que, em sua grande maioria, são lançados em lagoas de decantação e aterros. Além da contaminação direta dos aqüíferos superficiais, os resíduos da indústria de rochas ornamentais provocam a descaracterização da paisagem e preocupam as autoridades públicas, órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas de

extração. O principal resíduo gerado no processo é o proveniente do corte dos blocos de mármore e granito em chapas. Este resíduo, também chamado de lama abrasiva, é formado por granalha, cal, rocha moída e água. A granalha é composta por partículas de aço e ferro fundido, usadas para melhorar a eficiência do corte dos blocos pelas lâminas de aço.

A produção nacional de chapas é, em média, de 40.000.000 m²/ano e a quantidade gasta de granalha é de 1,87 kg/m², então, a quantidade anual de resíduo granulado metálico é da ordem de 74.800.000 kg (média nacional). Esta parte metálica é uma matéria-prima de excelente qualidade para ser usada no processo de fabricação de aço, pois sua composição é muito próxima às dos aços comerciais.

Ao longo dos últimos trinta anos e tendo em vista a jovialidade deste setor, as ações de desenvolvimento foram priorizadas objetivando a área produtiva, buscando sempre a melhoria da produtividade, até mesmo por questões de sobrevivência, fazendo com que o setor como um todo chegasse aos níveis de produção de hoje. A visão ambiental foi colocada em segundo plano por fatores inerentes a um desenvolvimento desordenado, sem mão-de-obra qualificada e sem uma política setorial claramente definida.

Em decorrência da crescente preocupação mundial com o meio ambiente e levando em consideração o volume de resíduos gerados pela indústria de rochas ornamentais, o setor deixa de ter uma visão interiorizada, passando a um processo de avaliação mais apurado do meio ambiente no qual está inserido. Desta forma, a questão ambiental passa a participar das ações integradas no desenvolvimento do setor de rochas ornamentais, na busca em ser auto-sustentável.

O resíduo proveniente do corte de rochas ornamentais, a lama abrasiva, como é normalmente denominada, apresenta uma granulometria fina, com 71,65 % de materiais com dimensões inferiores a 0,075 milímetros. A lama que é gerada durante o beneficiamento das rochas ornamentais é constituída basicamente de água, granalha metálica, cal e pó de rocha, formando um montante de 20% a 25% do bloco. Este resíduo possui, em média, 70% de água e 30% de sólido. O sólido é constituído de 10% a 12 %, em peso, de parte metálica na forma de finos (aço ou ferro fundido, dependendo do tipo de granalha usada), e o restante é uma mistura de óxidos (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, CaO, MgO, Na_2O, K_2O). Isto resulta em uma geração de 52.360 toneladas/ano de parte metálica que poderia ser utilizada na fabricação do aço e ou ferro, devido ao fato de sua composição ser próxima do aço comercial, isto é, não possui contaminantes prejudiciais ao processo.

Porém, para este metal ser aproveitado desta forma, primeiramente ele precisa ser separado dos óxidos, pois estes são prejudiciais ao processo de fabricação do aço e/ou ferro fundido.

A presente invenção tem por objetivo a obtenção da parte metálica contida no resíduo de corte de rochas ornamentais através de sua separação dos óxidos por meio da utilização de um separador magnético de baixa intensidade a úmido, sendo este, preferencialmente, do tipo tambor, mas também podendo ser do tipo disco ou carrossel. Toda parte metálica obtida neste processo possui granulometria abaixo de 2 milímetros, e é gerada pelo desgaste das lâminas e da granalha de aço ou de ferro fundido usadas durante o corte da rocha, sendo, portanto, uma excelente fonte de ferro para o processo de fabricação de aço e/ou ferro fundido.

A separação magnética é um método consagrado na área de processamento de minérios para concentração e/ou purificação de muitas substâncias minerais. Pode ser usada de acordo com as diferentes respostas ao campo magnético, apresentadas pelas espécies mineralógicas, individualmente.

A propriedade de um material que determina sua resposta a um campo magnético é chamada de susceptibilidade magnética. Com base nessa propriedade os materiais ou minerais são classificados em duas categorias: aqueles que são atraídos pelo campo magnético e os que são repelidos por ele. No primeiro caso tem-se os minerais ferromagnéticos, os quais são atraídos fortemente pelo campo, e os paramagnéticos, que são atraídos fracamente. Aqueles que são repelidos pelo campo denominam-se de diamagnéticos. A separação magnética pode ser feita tanto a seco como a úmido. O método a seco é usado, em geral, para granulometrias grossas e o a úmido para aquelas mais finas.

No caso da presente invenção a granulometria do material a ser utilizado é 100% abaixo de 2 milímetros, e o ferro é o principal elemento ferromagnético encontrado no resíduo, ou seja, necessita de baixa intensidade para atraí-lo (500 a 5000 gauss para separação; diferente dos paramagnéticos, materiais fracamente atraídos, e dos diamagnéticos, materiais que são repelidos devido a susceptibilidade magnética negativa). Então, para separar o ferro (ferromagnético) dos óxidos (paramagnéticos), o equipamento mais indicado para esta tarefa pode ser classificado como um separador magnético do tipo tambor, a úmido, e de baixa intensidade (0,9 a 3,12 A de campo magnético e de 1000 a 3000 gauss, ou 0,1 a 0,3 Tesla de indução magnética); porém, também podem ser utilizados o separador magnético a úmido do tipo disco ou de carrossel.

Algumas patentes foram depositadas utilizando a separação magnética de resíduos contendo uma parte metálica, entretanto nenhuma delas trata da utilização de separador magnético de tambor a úmido e nem especificamente de resíduo gerado no corte de rochas ornamentais, como será mostrado a seguir:

Na PI0501375-5 o processo utiliza, ao mesmo tempo, em um meio líquido, ultra-sons para dispersar partículas e campos magnéticos não uniformes para separar estas partículas em função de diferenças em suas propriedades magnéticas. Este processo difere do processo citado no presente pedido, uma vez que este não utiliza ultra-som, e sim um separador magnético de baixa intensidade, a úmido, preferencialmente do tipo tambor.

Na PI0512666-5 é usado um aparelho de limpeza por separação magnética que descarrega lama de alta densidade separando a substância magnética, mesmo se o nível de água de uma seção de separação magnética variar. Este aparelho compreende um filtro rotativo que tem uma malha de tubular que filtra a lama e a substância magnética do fluido a ser tratado; e compreende também um rotor de coleta de lama tubular oposto ao filtro rotativo. Este processo também difere do processo citado no presente pedido, pois este não possui filtro rotativo, e sim um separador magnético de baixa intensidade, a úmido, preferencialmente do tipo tambor.

Já na PI8704394-7, o processo utiliza a passagem da suspensão através de uma matriz ferromagnética porosa. Este processo também difere do processo citado no presente pedido, pois este não utiliza matriz ferromagnética porosa e sim um separador magnético de baixa intensidade, a úmido, preferencialmente do tipo tambor.

Portanto, como citado anteriormente, nos pedidos de patentes que tratam de separação magnética, nenhuma delas utilizam um separador magnético de tambor a úmido.

Devido à granulometria da parte metálica obtida ser 100 % abaixo de 2 milímetros, isto dificulta seu manuseio e carregamento nos processos de fabricação de aço, sendo necessário um processo de aglomeração. Neste caso, como o material é praticamente todo metálico (mais de 97% de ferro), o processo mais indicado é a briquetagem.

No processo de aglomeração de partículas finas por briquetagem em prensas, o material é aglomerado devido à aplicação de uma pressão externa, podendo ser utilizados três processos:

1) briquetagem em prensas de rolos, onde o material flui continuamente entre dois rolos paralelos, com cavidades ou moldes dispostos em sua superfície, e de tamanho e forma

adequados, rigidamente ligados entre si, girando com a mesma velocidade de rotação, todavia em sentidos contrários;

2) briquetagem por extrusão contínua em máquinas do tipo maromba;

3) briquetagem em prensas hidráulicas, em que os moldes são preenchidos de forma intermitente.

A presente invenção utilizará o processo de briquetagem em máquina de rolos, por apresentar maior eficiencia na execução da tarefa, porém, não se pretende com isso, impor limites a presente patente, de modo que os outros processos também podem ser utilizados para alcançar o resultado desejado.

Deste modo, o processo de briquetagem referido nesta patente pode ser dividido em quatro etapas: preparação, mistura, tratamento térmico e compressão.

A etapa de preparação consiste na determinação das características de compactação do material a ser briquetado e do tipo de equipamento que deve ser utilizado para facilitar a adesão das partículas finas, sendo possível conhecer não só o valor máximo da pressão a ser aplicada, como também a taxa de compactação requerida pelo material.

A mistura dos reagentes é uma das etapas mais importantes da briquetagem, pois é fundamental que o aglutinante seja distribuído uniformemente por toda superfície do material a ser briquetado. Vários aglomerantes podem ser usados, como: melaço, cal hidratada, cimento, argila, resíduo proveniente do corte a extração e corte de mármore, silicato de sódio, etc; porém é preferível a utilização do melaço ou da cal hidrata, devido a obtenção de uma maior resistência à compressão nos briquetes fabricados com este material . O misturador a ser utilizado para este fim, deverá ser dimensionado de modo que o tempo de permanência da mistura no equipamento não seja elevado.

O tratamento térmico da mistura pode ser realizado no próprio misturador por meio da aplicação de vapores saturados ou superaquecidos. Caso a mistura não seja suficientemente seca no condicionador entre o misturador e a prensa, os gases (na maioria das vezes, vapor d'água) presos nos briquetes sofrem uma forte compressão. Assim, quando os briquetes deixarem a prensa e a pressão for relaxada, os gases expandem, causando fraturas nos briquetes. Portanto, no manuseio de materiais com pequena densidade aparente torna-se necessária a remoção dos grandes volumes de ar antes da alimentação do material na unidade de compactação. Nesses casos torna-se recomendável a

utilização de alimentadores por meio de vácuo, sendo esse o responsável pela remoção do ar presente no alimentador.

A compressão do material se dá no espaço existente entre os dois rolos que montados um diante do outro, giram com velocidade de rotação igual e em sentidos contrários. A pressão exercida sobre o material cresce de forma progressiva ao longo do segmento do rolo, a partir do ponto em que se inicia a ação da força de compressão sobre o material, atingindo o seu valor máximo no ponto de menor distância entre os rolos, e caindo de forma abrupta até a liberação e saída do aglomerado.

No caso de materiais secos ou finamente divididos, utilizam-se alimentadores do tipo rosca ou broca. Esses alimentadores permitem gerar efeitos secundários que podem pré-comprimir o material antes dos rolos, além de gerar uma fragmentação de partículas permitindo alcançar um tamanho mais favorável.

Na PI8601391-2, o briquete em questão é constituído essencialmente por ferro metalizado, sílica fina ou granulada, uma fonte de carbono, como moinhas de coque, e um ligante como silicato de sódio ou uma mistura de hidróxido de cálcio e melaço. O ferro é formado pela redução direta do óxido de ferro. Este processo difere do presente pedido, pois o fino de ferro neste caso é formado pela parte metálica proveniente do resíduo gerado no corte de rochas ornamentais, que é completamente diferente do pedido de patente citado.

Na PI0601259-0, o briquete a ser fabricado possui em sua composição resíduos metálicos recicláveis, cal hidratada e melaço de cana de açúcar. O processo consiste primeiramente na estocagem dos resíduos recicláveis metálicos em silos equipados com peneiras vibratórias que permitem a separação das partículas inservíveis ao processo. Este processo difere do tratado no presente pedido de patente, pois este possui uma etapa de separação magnética, inexistente na PI0601259-0; e não utiliza o peneiramento para separação de partículas inservíveis.

Já a PI9402141-4 se refere a um processo de aglomeração, briquetagem e pelotização das matérias-primas, resíduos industriais e adições de granulometria fina através de secagem e peneiramento, além da classificação para separar as partículas finas em várias faixas granulométricas. Porém este pedido difere da presente invenção, pois esta trata somente de briquetagem da parte metálica contida em resíduo proveniente de rochas ornamentais, e o processo não usa peneiramento e nem classificação para separar as

partículas, e sim a separação magnética a úmido de baixa intensidade, utilizando um separador do tipo tambor, podendo também ser utilizado do tipo disco ou carrossel.

Portanto, nenhum dos pedidos de patente citados e nem a descrição do estado da técnica têm semelhança com a presente invenção, que mostra ser um processo industrial para o aproveitamento de material que é tratado como resíduo, tornando-o matéria-prima para a indústria de fabricação do aço, de forma econômica e produtiva.

Para melhor compreensão do processo de aproveitamento da parte metálica do resíduo gerado pelo desmonte de rochas ornamentais, de acordo com a requerida patente, fazem-se referências à seguinte figura anexa:

FIGURA 1: mostra um fluxograma de todo processo operacional, seguindo uma linha contínua de produção, desde a saída da lama abrasiva dos teares, até o depósito final dos briquetes.

O fluxo operacional do processo de separação e briquetagem da parte metálica contida em resíduos provenientes do corte de rochas ornamentais, de acordo com a FIGURA 1, é compreendido por: saída da lama abrasiva dos teares (1); resíduo proveniente de lagoas e barragens de rejeitos (2); silo de armazenamento de resíduo (3); separador magnético (4); caixa d'água (5); armazenamento temporário da parte metálica (6); equipamento para realizar a secagem do metal (7); silo de metal com umidade acertada (8); equipamento para secagem dos óxidos (9); estocagem dos óxidos (10); silo de aglomerante (11); misturador (12); silo de mistura (13); briquetadeira de rolos (14); depósito de briquetes (15).

O processo proposto na presente invenção segue a seguinte seqüência: primeiramente, é realizado o carregamento da lama abrasiva, tal qual esta sai dos teares (1), ou do resíduo depositado em lagoas de decantação e barragens (2), que são conduzidos para um silo de armazenamento de resíduo (3) situado acima do separador magnético de tambor a úmido (4). No caso da lama abrasiva que sai dos teares (1), não é necessária a adição de água (5), pois este material já está com o teor de água considerado ideal, de 70%. Porém pode ser utilizada uma mistura com teor de água variando entre 40% a 90%. Mas no caso do resíduo proveniente das lagoas e barragens (2), a adição de água (5) é necessária, uma vez que este material está com seu o teor abaixo de 30%. Em seguida, através de uma tubulação, a lama abrasiva ou o resíduo depositado em lagoas e barragens é carregado para uma câmara no interior do separador magnético (4), onde são submetidos à ação do campo

magnético de baixa intensidade. A parte metálica que é captada pela ação do campo magnético é separada dos óxidos e levada para um recipiente (6), onde fica armazenada temporariamente. Como o processo de separação é a úmido, ou seja, ocorre na presença de água, neste recipiente também será realizada a separação do metal da água. Se houver necessidade, a parte metálica poderá ser seca em um equipamento específico (7), como por exemplo: forno rotativo, chapas de secagem, ou qualquer outro local, inclusive ao ambiente. Após a separação do metal da água, o metal será então depositado em outro silo (8), sendo, em seguida, levado ao misturador (12) onde será misturada e homogeneizada com o material aglomerante contido em outro silo (11). A partir daí, a mistura é armazenada em um silo (13) para, então, ser realizada sua briquetagem, em uma briquetadeira de rolos (14) e, em seguida, armazenada em um depósito de briquete (15) ou enviada para consumo. Os óxidos que não são capitados pelo campo magnético, saem da câmara do separador por outra saída, e também é levado para um equipamento (9) para fazer sua separação da água, que pode ser filtro prensa, ou qualquer outro tipo de filtro. Esta secagem pode ser também realizada em fornos rotativos, chapas de secagem, ao ar livre, ou de qualquer outra formar. Este óxido, que possui teor metálico abaixo de 3%, será então encaminhado para um pátio de estocagem (10) ou para a fabricação de materiais de construção.

De acordo com a descrição e com o fluxograma apresentado, percebe-se que o processo de separação e briquetagem da parte metálica contida em resíduos provenientes do corte de rochas ornamentais propõe uma alternativa simples, prática e de baixo custo, que envolve duas etapas principais:

1ª) separação da parte metálica dos óxidos através da utilização de separador magnético de baixa intensidade, a úmido, do tipo tambor;

2ª) briquetagem da parte metálica obtida, que possui granulometria 100% abaixo de 2 mm, através de uma briquetadeira de rolos.

Deste modo, a presente invenção tem por objetivo o aproveitamento de resíduos metálicos gerados pelo setor de mineração, durante o processo de corte das rochas ornamentais, para a obtenção de briquetes que serão utilizados na produção do aço. Portanto, por ser inovador e, até então, não compreendido no estado da técnica, se enquadra perfeitamente dentro dos critérios que definem a patente de invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, **caracterizado pela** obtenção da parte metálica contida no resíduo proveniente do corte de rochas ornamentais (1) e (2), através da utilização de separador magnético de baixa intensidade (4), a úmido, e briquetagem, por meio de uma briquetadeira de rolos (14), da mistura resultante do misturador (13), para a produção dos briquetes e sua armazenagem em um depósito (15).

2. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** produção de briquetes com a parte metálica (6) contida em resíduos de corte de rochas ornamentais, pelo aproveitamento da lama abrasiva (1) provenientes dos teares onde ocorrem os cortes das rochas de mármore e granito, e do resíduo depositado em barragens de rejeitos e lagoas de decantação (2).

3. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** carregamento da lama abrasiva (1), tal qual esta sai dos teares, ou do resíduo depositado em lagoas de decantação e barragens de rejeitos (2), que são conduzidos para um silo de armazenamento de resíduo (3) situado acima do separador magnético de tambor a úmido (4).

4. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com as reivindicações 1 e 3, **caracterizado pela** adição de água (5), quando necessária, ao resíduo proveniente das lagoas e barragens (2), uma vez que este material está com o seu teor de água abaixo de 30%, sendo que o tero considerado ideal para o processo de separação magnética a úmido (4) é de 70%.

5. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com as reivindicações 1 e 4, **caracterizado pela** captação da parte metálica existente na lama abrasiva (1) ou no resíduo depositado em lagoas e barragens (2), devido a ação do separador magnético (4),

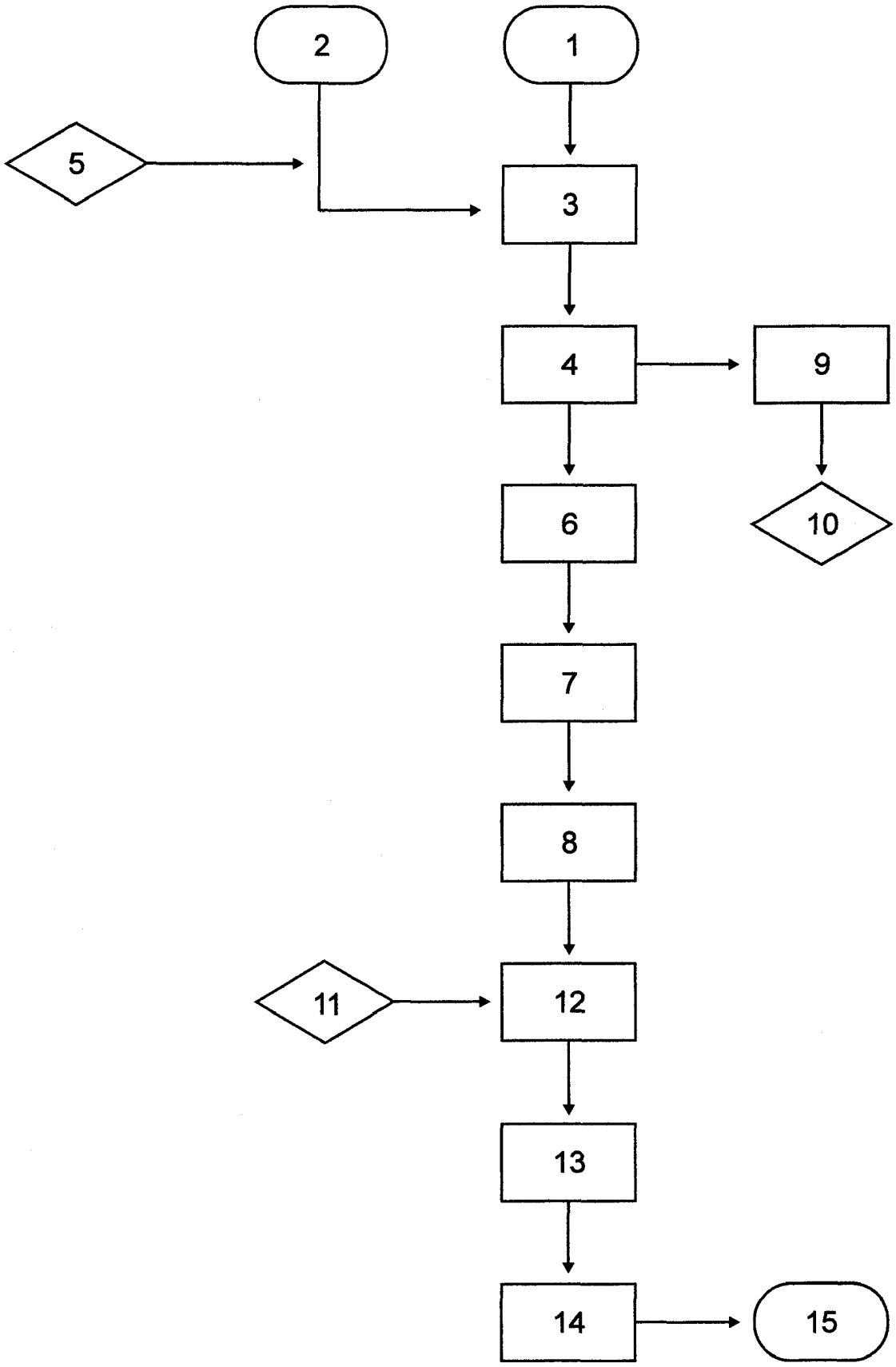
em que são submetidos à ação do campo magnético de baixa intensidade, para que o metal seja separado dos óxidos e levado para um recipiente (6), onde ficará armazenado temporariamente.

6. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com as reivindicações 1 e 5, **caracterizado pela** separação do metal da água através do processo de secagem em equipamento específico (7), como forno rotativos, chapas de secagem, entre outros, podendo ser realizado até mesmo ao ar livre para que, em seguida, o metal possa ser depositado em silo adequado (8).

7. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pela** mistura e homogeneização, através de um misturador (12), do metal captado pelo separador magnético (6) como o metal aglomerante (11).

8. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** separação e secagem dos óxidos resultantes do separador magnético (4), que são conduzidos por uma saída diferente da dos metais, e levados para um equipamento (9) responsável pela separação da água dos óxidos, podendo este equipamento ser um filtro prensa, ou qualquer outro tipo de filtro, ou também, fornos rotativos, chapas de secagem, ou de qualquer outra forma, inclusive ao ar livre, sendo em seguida, encaminhado para um pátio de estocagem (10) ou para a fabricação de materiais de construção.

9. Processo de Separação e Briquetagem da parte Metálica contida em Resíduos Provenientes do Corte de Rochas Ornamentais, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** separador magnético ser preferencialmente do tipo tambor, podendo também ser utilizado do tipo disco ou de carrossel.


2
1
5
3
4
9
6
10
7
8
11
12
13
14
15