

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **033648**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.11.13**

(21) Номер заявки  
**201791016**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.11.10**

(51) Int. Cl. **C22B 1/24** (2006.01)  
**C22B 1/243** (2006.01)  
**C22B 1/244** (2006.01)  
**C08J 3/12** (2006.01)

---

(54) **КОМПОЗИЦИИ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОКАТЫШЕЙ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ**

---

(31) **62/077,510**

(32) **2014.11.10**

(33) **US**

(43) **2017.08.31**

(86) **PCT/US2015/059996**

(87) **WO 2016/077374 2016.05.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**КЕМИРА ОЙЙ (FI)**

(72) Изобретатель:  
**Ло Юйпин, Мур Лукас, Мэйси Патрик  
(US)**

(74) Представитель:  
**Липатова И.И., Хмара М.В.,  
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.,  
Осипов К.В., Ильмер Е.Г., Пантелеев  
А.С. (RU)**

(56) **US-A-6152985  
US-A-5306327  
US-A1-20020035188  
US-A-4728537  
US-A-5171781  
US-A-4802914**

---

(57) Предложены композиции связующих веществ для агломерации мелких частиц железной руды, содержащие один или более чем один тип модифицированного крахмала и один или более чем один тип синтетических сухих полимеров. Также предложен способ получения окатышей железной руды с использованием композиций связующих веществ, включающий: (i) добавление композиции связующих веществ к железной руде в виде частиц с образованием смеси; и (ii) формовку данной смеси в окатыши.

---

**B1**

**033648**

**033648**

**B1**

### Область изобретения

Настоящее раскрытие, в общем, относится к композициям связующих веществ для получения окатышей железной руды и к способам получения окатышей железной руды.

#### Предшествующий уровень техники

В производстве стали обычно используют железную руду. На первой стадии способа получения стали железо выделяется из руды посредством выплавки в доменной печи. Для непосредственной подачи в печь железная руда должна находиться в виде агломератов подходящего размера. Если руда находится в виде частиц, которые являются слишком маленькими для непосредственной подачи, необходимо превращать частицы железной руды в агломерат или в окатыши. С возрастающим применением руд более низких сортов стало необходимым более мелко размалывать руду. Для этих мелких частиц окатышивание является обычным способом производства сырья для печей.

Для окатыwania кусков железной руды в виде частиц можно использовать связующие вещества. Обычно окатыши железной руды образуются путем добавления связующего вещества или композиции связующего вещества к руде в виде мелких частиц и перемешивания в присутствии маленького количества воды с образованием влажной смеси и затем окатыwania данной смеси с образованием сырых (влажных) окатышей. Эти сырые окатыши затем обжигаются в горне в интервале температуры, который идет от температуры на входе, типично находящейся в интервале 200°-400°С до конечной температуры, например, 1200°С. Такие способы образования окатышей железной руды описываются, например, в Европейском патенте № 0225171, который включен в данный документ посредством ссылки во всей его полноте.

Обычные связующие вещества, используемые для агломерации железной руды в виде частиц, включают определенные полимеры и бентонит, хотя в литературе были предложены и другие связующие вещества, например, разные глины, сульфат железа(II), сульфат лигнина, битум, крахмалы, соединения кальция и натрия.

#### Краткое изложение сущности изобретения

В виду вышеописанного, одно или более чем одно типичное воплощение направлено на композиции связующих веществ для агломерации мелких частиц железной руды, содержащие: один или более чем один тип модифицированного крахмала и один или более чем один тип синтетического сухого полимера. Также раскрыт способ получения окатышей железной руды с использованием композиций связующих веществ, включающий: (i) добавление композиции связующих веществ к железной руде в виде частиц с образованием смеси; и (ii) формовку данной смеси в окатыши. Типичные композиции связующих веществ являются рентабельными и легко поддающимися обработке.

Данное раскрытие можно легче понять посредством ссылки на следующее подробное описание разных характеристик раскрытия и примеров, включенных в него.

#### Подробное описание изобретения

В общем, настоящее раскрытие направлено на композиции связующих веществ для агломерации мелких частиц железной руды и на способы получения окатышей железной руды. Согласно типичным воплощениям данная композиция связующих веществ включает один или более чем один тип модифицированного крахмала и один или более чем один тип синтетических сухих полимеров. Композиция связующих веществ может дополнительно содержать или быть объединена с одним или более чем одним щелочным веществом, таким как карбонат натрия, зола или другое каустическое вещество. Композиции связующих веществ и способы, описанные в данном документе, можно использовать для предоставления окатышей железной руды, которые имеют улучшенные свойства, включающие прочность в сухом состоянии и прочность при высокой температуре, но не ограничивающиеся ими. В некоторых воплощениях композиции связующих веществ дают экономические преимущества над другими композициями связующих веществ на основе полимеров и преимущества в эффективности над другими композициями связующих веществ на основе полимеров или на основе крахмала.

Фраза "мелкие частицы железной руды" в том виде, как она используется в данном документе, по существу относится к веществам на основе железа или веществам железной руды, которые находятся в форме частиц. В типичных воплощениях мелкие частицы железной руды представляют собой частицы железной руды, которые имеют, по существу, маленький размер частиц, например, меньше, чем примерно 250 мкм. Железные руды представляют собой горные породы и минералы, из которых может быть рентабельно выделено металлическое железо. Данные руды обычно обогащены оксидами железа и отличаются по цвету от темно-серого, ярко-желтого, темно-пурпурного до ржаво-красного. Само железо обычно находится в форме магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), гетита ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), лимонита ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$ ) или сидерита ( $\text{FeCO}_3$ ). Таконит представляет собой несущую железо осадочную горную породу, в которой минералы железа перемежаются со слоями кварца, кремнистого известняка или карбоната. Итабирит, также известный как гематит с полосами кварца и гематитный сланец, представляет собой формацию железа и кварца, в которой железо присутствует в виде тонких слоев гематита, магнетита или мартита. Любой из данных типов железа подходит для применения в образовании окатышей, как писано в данном документе. В типичных воплощениях мелкие частицы железной руды представляют

собой по существу магнетит, гематит, таконит или итабирит. В типичных воплощениях мелкие частицы железной руды могут быть загрязнены глиной.

Термин "окатыш" в том виде, как он используется в данном документе, относится к маленькой частице, созданной посредством агломерации смеси, содержащей мелкие частицы железной руды, связующее вещество и жидкость, такую как вода. Такие смеси также могут быть агломерированы или спрессованы до форм, отличных от окатышей, например, до брикетов или других подходящих форм. Как будет понятно специалистам в данной области, форма агломерированной частицы не является конкретно ограниченной. В типичных воплощениях конечный размер частиц окатыша или агломерированной частицы составляет от примерно 5 до примерно 19 мм.

Термин "связующее вещество" или "композиция связующего вещества" в том виде, как он используется в данном документе, относится к композиции или системе компонентов, которые добавляют к мелким частицам железной руды для того, чтобы собрать их вместе таким образом, что смесь сохраняет однородную консистенцию. Композицию связующих веществ можно добавлять к мелким частицам железной руды в виде смеси компонентов или компоненты композиции связующих веществ могут быть добавлены к композиции железной руды по отдельности и в любом порядке, который специалист в данной области считает подходящим. В типичных воплощениях композиция связующих веществ представляет собой сухую смесь или по существу сухую смесь.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит (i) один или более чем один тип модифицированного крахмала и (ii) один или более чем один тип синтетического сухого полимера. Оптимальные пропорции данных компонентов могут варьировать, в зависимости от идентичности каждого из компонентов, источника мелких частиц железной руды, содержания влаги, площади поверхности, размера частиц и примесей.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 5 до примерно 50%, от примерно 20 до примерно 50% или от примерно 30 до примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: по меньшей мере примерно 5%, примерно 10%, примерно 15%, примерно 20%, примерно 25%, примерно 30%, примерно 35%, примерно 40%, примерно 45% или примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 50 до примерно 95%, от примерно 50 до примерно 80% или от примерно 50 до примерно 70% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: по меньшей мере примерно 50%, примерно 55%, примерно 60%, примерно 65%, примерно 70%, примерно 75%, примерно 80%, примерно 85%, примерно 90% или примерно 95% по массе одного или более чем одного типа модифицированного синтетического сухого полимера.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: (а) от примерно 5 до примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) от примерно 50 до примерно 95% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: (а) от примерно 20 до примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) от примерно 50 до примерно 80% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В других типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: (а) от примерно 20 до примерно 30% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) от примерно 70 до примерно 80% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В конкретном воплощении композиция связующих веществ содержит: (а) примерно 25% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) примерно 75% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В других типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: (а) от примерно 30 до примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) от примерно 50 до примерно 70% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В конкретном воплощении композиция связующих веществ содержит: (а) примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) примерно 50% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера.

В типичном воплощении крахмал "модифицируется" посредством желатинизации. В типичных воплощениях крахмал является по меньшей мере частично желатинизированным. В типичных воплощениях крахмал желатинизируется посредством нагревания смеси крахмал-вода до температуры, превышающей температуру, при которой квазикристаллическая или агрегатная структура набухших в воде гранул крахмала необратимо разрушается. Возможно в смесь крахмал-вода добавляется гидролитический агент. В типичных воплощениях модифицированный крахмал представляет собой полностью или частично желатинизированный крахмал или крахмал в виде геля, такой как кукурузный крахмал в виде геля.

Крахмал может быть любым подходящим крахмалом. В типичных воплощениях крахмал происходит из кукурузы, пшеницы, картофеля (или других клубней), риса, тритикале или маниока.

В типичных воплощениях и крахмал, и синтетический сухой полимер предоставляются в форме частиц, имеющих отношение размеров, варьирующее от примерно 1:0,5 до примерно 1:10 (крахмал : поли-

мер). В типичном воплощении отношение размеров частиц крахмала к частицам полимера составляет примерно 1:0,5, примерно 1:1, примерно 1:2, примерно 1:3, примерно 1:4, примерно 1:5, примерно 1:6, примерно 1:7, примерно 1:8, примерно 1:9 или примерно 1:10.

В типичных воплощениях частицы модифицированного крахмала и частицы синтетического сухого полимера имеют по существу аналогичные размеры. В определенных типичных воплощениях и крахмал, и синтетический сухой полимер предоставлены в форме частиц, имеющих отношение размеров, варьирующее от примерно 1:0,5 до примерно 1:1,5 (крахмал:полимер). В типичном воплощении отношение размеров частиц крахмала к частицам полимера составляет примерно 1:0,5; примерно 1:0,6; примерно 1:0,7; примерно 1:0,8; примерно 1:0,9; примерно 1:1; примерно 1:1,1; примерно 1:1,2; примерно 1:1,3; примерно 1:1,4 или примерно 1:1,5.

В типичных воплощениях крахмал предоставляется в форме частиц, имеющих медианный размер частиц от примерно 50 до примерно 250 микрометров или, более конкретно, от примерно 50 до примерно 80 микрометров, от примерно 70 до примерно 90 микрометров, от примерно 80 до примерно 105 микрометров, от примерно 90 до примерно 120 или от примерно 120 до примерно 150 микрометров. В типичных воплощениях крахмал предоставляется в форме частиц, имеющих медианный размер примерно 50, примерно 55, примерно 60, примерно 65, примерно 70, примерно 75, примерно 80, примерно 85, примерно 90, примерно 95, примерно 100, примерно 105, примерно 110, примерно 115, примерно 120, примерно 125, примерно 130, примерно 135, примерно 140, примерно 145 или примерно 150 микрометров или более. В типичных воплощениях, по существу, все или по меньшей мере 90% по массе индивидуальных частиц крахмала находятся в интервале от примерно 50 до примерно 250 микрометров или, более конкретно - от примерно 50 до примерно 80 микрометров, от примерно 70 до примерно 90 микрометров, от примерно 90 до примерно 120 или от примерно 120 до примерно 150 микрометров.

В типичных воплощениях анионный синтетический сухой полимер может вводиться в композицию связующих веществ в виде порошка или в виде дисперсии, например, дисперсии полимера в виде порошка в масле. В типичных воплощениях и крахмал, и полимер предоставляются в виде частиц, имеющих отношение размеров от примерно 1:0,5 до примерно 1:10 (крахмал:полимер), как обсуждалось выше. В типичных воплощениях частицы синтетического сухого полимера имеют медианный размер от примерно 50 до примерно 800 микрометров, от примерно 50 до примерно 300 микрометров, от примерно 100 до примерно 800 микрометров, от примерно 100 до примерно 300 микрометров, от примерно 50 до примерно 250 микрометров, от примерно 50 до примерно 80 микрометров, от примерно 70 до примерно 90 микрометров, от примерно 80 до примерно 105 микрометров, от примерно 90 до примерно 120 или от примерно 120 до примерно 150 микрометров. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер предоставляется в виде частиц, имеющих медианный размер примерно 50, примерно 60, примерно 70, примерно 80, примерно 90, примерно 100, примерно 110, примерно 120, примерно 130, примерно 140, примерно 150, примерно 250, примерно 300, примерно 700 микрометров или более. В типичных воплощениях по меньшей мере примерно 80% по массе индивидуальных частиц полимера находятся в интервале от примерно 50 до примерно 800 микрометров, от примерно 50 до примерно 300 микрометров, от примерно 50 до примерно 250 микрометров, от примерно 50 до примерно 150 микрометров, от примерно 50 до примерно 80 микрометров, от примерно 70 до примерно 90 микрометров, от примерно 80 до примерно 105 микрометров, от примерно 90 до примерно 120 или от примерно 120 до примерно 150 микрометров. Данные индивидуальные частицы синтетического сухого полимера могут вводиться в смесь в виде крошащихся агрегатов из нескольких частиц, причем данные агрегаты раскалываются на индивидуальные частицы во время смешивания с нерастворимым веществом в виде частиц. В типичных воплощениях по существу все или по меньшей мере 95% по массе индивидуальных частиц полимера находятся в интервале от примерно 50 до примерно 800 микрометров, и средний размер частиц составляет примерно 700 микрометров.

В типичных воплощениях синтетический сухой полимер является заряженным или нейтральным. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер может содержать неионные, анионные или катионные мономеры. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер является анионным или имеет анионный нетто заряд. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер является нейтральным или имеет нейтральный нетто заряд. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер содержит неионные мономеры и анионные мономеры и имеет анионный нетто заряд. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер содержит катионные мономеры и анионные мономеры и имеет нейтральный или анионный нетто заряд. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер имеет от примерно 10 до примерно 40 мольных % анионного заряда или, более конкретно, от примерно 5 до примерно 15 мольных % анионного заряда. В типичных воплощениях данный полимер содержит по меньшей мере примерно 5%, примерно 10% или примерно 15% по массе анионных мономеров. В типичных воплощениях анионный мономер представляет собой акриловую кислоту, метакриловую кислоту, сульфоновую кислоту, этиленненасыщенную карбоновую кислоту, их смесь или их соли. Анионный мономер

можно использовать в форме соли, например, водорастворимой соли, такой как натриевая соль, калиевая соль или аммонийная соль. Анионный мономер можно использовать, частично или полностью, в форме свободной кислоты.

В типичных воплощениях синтетический сухой полимер представляет собой полимер, содержащий акриламид. В типичных воплощениях полимер, содержащий акриламид, представляет собой полиакриламид или сополимер, включающий мономеры акриламида, например, сополимер акриламида и акриловой кислоты. В типичных воплощениях отношение в процентах по массе акриламидных мономеров к процентам по массе других мономеров в синтетическом сухом полимере находится в интервале от примерно 90:10 до примерно 10:90, от примерно 90:10 до примерно 40:60, от примерно 90:10 до примерно 70:30 или от примерно 85:15 до примерно 75:25. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер представляет собой сополимер акриламида и акриловой кислоты. В типичных воплощениях сополимер акриламида и акриловой кислоты имеет мольное отношение акриловая кислота:акриламид примерно 15:100.

В типичных воплощениях синтетический сухой полимер имеет интервал молекулярной массы от примерно 20 до примерно 25000000 Дальтон. В типичном воплощении молекулярная масса составляет от примерно 20 до примерно 1000, от примерно 1000 до примерно 5000, от примерно 5000 до примерно 10000, от примерно 10000 до примерно 25000, от примерно 25000 до примерно 50000, от примерно 50000 до примерно 100000, от примерно 100000 до примерно 250000, от примерно 250000 до примерно 500000, от примерно 500000 до примерно 1000000, от примерно 1000000 до примерно 250000, от примерно 250000 до примерно 500000, от примерно 500000 до примерно 1000000, от примерно 1000000 до примерно 5000000, от примерно 5000000 до примерно 10000000, от примерно 1000000 до примерно 15000000, от примерно 15000000 до примерно 20000000, от примерно 20000000 до примерно 25000000.

В типичных воплощениях синтетический сухой полимер имеет среднюю удельную вязкость от примерно 2,5 до примерно 6,5 сПз, от примерно 2,5 сПз до примерно 6,1, от примерно 2,5 сПз до примерно 3,5 или от примерно 4,5 до примерно 6,1 сПз. В типичных воплощениях синтетический сухой полимер имеет среднюю удельную вязкость примерно 2,9.

В типичных воплощениях полимер, содержащий акриламид, представляет собой сополимер акриламида и акриловой кислоты, например, полимер, имеющий мольное соотношение больше, чем примерно 5:95 акриловая кислота:акриламид. В типичных воплощениях сополимер акриламида и акриловой кислоты имеет мольное соотношение примерно 5:95, примерно 10:90, примерно 15:85, примерно 20:80, примерно 25:75, примерно 30:70, примерно 35:65 или примерно 40:60 акриловая кислота:акриламид. В типичных воплощениях сополимер акриламида и акриловой кислоты имеет мольное соотношение в интервале от примерно 5:95 до примерно 40:60 акриловая кислота:акриламид. В типичных воплощениях полимер, содержащий акриламид, представляет собой сополимер акриламида и акриловой кислоты, например, полимер, имеющий мольное соотношение примерно 5:95 акриловая кислота:акриламид, примерно 30:70 акриловая кислота:акриламид, примерно 18,5:81,5 акриловая кислота:акриламид или примерно 22,7:100 акриловая кислота:акриламид.

В типичных воплощениях полимер является линейным. В типичных воплощениях структура полимера может включать разветвленные полимеры, звездообразные полимеры, гребнеобразные полимеры, сшитые полимеры или их комбинации.

Термины "полимер", "полимеры", "полимерный" и аналогичные термины в том виде, как они используются в данном документе, используются в их обычном смысле, как понятно специалисту в данной области, и, таким образом, могут использоваться в данном документе для названия или для описания большой молекулы (или группы таких молекул), которая содержит повторяющиеся элементы. Полимеры могут образоваться разными способами, включающими полимеризацию мономеров и/или химическую модификацию одного или более чем одного повторяющегося элемента предшественника полимера. Полимер может быть "гомополимером", содержащим по существу идентичные повторяющиеся элементы, образованные, например, полимеризацией конкретного мономера. Полимер также может быть "сополимером", содержащим два или более чем два повторяющихся элемента, образованных, например, сополимеризацией двух или более чем двух разных мономеров и/или химической модификацией одного или более чем одного повторяющегося элемента предшественника полимера. Термин "терполимер" может использоваться в данном документе для названия полимеров, содержащих три или более чем три разных повторяющихся элемента.

В типичных воплощениях синтетический сухой полимер делается посредством полимеризации традиционным способом или способом, известным в данной области, таким как полимеризация с обращенной фазой, с последующей сушкой и, возможно, измельчением; или полимеризация в виде объемного геля, с последующей сушкой и измельчением. Если полимеры делаются посредством измельчения, может быть необходимым просеивание частиц с получением желательного размера частиц. В некоторых воплощениях анионный синтетический сухой полимер находится в виде шариков, например, по существу сферических шариков, сделанных посредством полимеризации с обращенной фазой. В некоторых воплощениях синтетический сухой полимер представляет собой свободно сыпучий порошок.

В типичных воплощениях пропорции крахмала и синтетического сухого полимера корректируются

на основе твердости железной руды. Обычно по мере увеличения твердости железной руды используется пропорционально больше синтетического сухого полимера.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 20 до примерно 30% кукурузного крахмала в виде геля и от примерно 70 до примерно 80% сополимера акриламида и акриловой кислоты.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 20 до примерно 50% кукурузного крахмала в виде геля и от примерно 50 до примерно 80% сополимера акриламида и акриловой кислоты, где по меньшей мере примерно 80% крахмала и частиц полимера присутствуют в виде частиц, имеющих отношение размеров в интервале от примерно 1:1 до примерно 1:10.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 20 до примерно 30% кукурузного крахмала в виде геля и от примерно 70 до примерно 80% сополимера акриламида и акриловой кислоты, где крахмал и полимер присутствуют в виде частиц, имеющих медианный размер от примерно 80 до примерно 100 микрометров.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 30 до примерно 50% кукурузного крахмала в виде геля и от примерно 50 до примерно 70% сополимера акриламида и акриловой кислоты.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 30 до примерно 50% кукурузного крахмала в виде геля и от примерно 50 до примерно 70% сополимера акриламида и акриловой кислоты, где крахмал и полимер присутствуют в виде частиц, имеющих медианный размер от примерно 80 до примерно 100 микрометров.

В типичных воплощениях композицию связующих веществ можно добавлять к мелким частицам железной руды с получением окатыша. В типичных воплощениях окатыш содержит от примерно 0,005 до примерно 0,2%, от примерно 0,01 до примерно 0,1%, от примерно 0,02 до примерно 0,08%, или от примерно 0,03 до примерно 0,06% композиции связующих веществ на килограмм мелких частиц железной руды. В конкретном воплощении окатыши содержат примерно 0,05% композиции связующих веществ на килограмм мелких частиц железной руды.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ дополнительно содержит одно или более чем одно щелочное вещество, такое как карбонат натрия, зола или другое каустическое вещество. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит компонент в виде крахмала и синтетического сухого полимера и компонент в виде щелочных веществ. Компонент в виде крахмала и синтетических сухих полимеров включает от примерно 5 до примерно 50% крахмала и от примерно 50 до примерно 95% синтетического сухого полимера. В некоторых воплощениях компонент в виде щелочных веществ включает примерно 100% карбоната натрия и/или кальцинированной соды. В типичных воплощениях отношение компонента в виде крахмала и синтетических сухих полимеров к компоненту в виде щелочных веществ находится в интервале от примерно 100:0 до примерно 50:50 или от примерно 70:30 до примерно 50:50.

В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит от примерно 5 до примерно 50%, от примерно 10 до примерно 50%, от примерно 20 до примерно 50%, от примерно 30 до примерно 50% или от примерно 40 до примерно 50% по массе одного или более чем одного типа щелочного вещества. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: по меньшей мере примерно 5%, примерно 10%, примерно 15%, примерно 20%, примерно 25%, примерно 30%, примерно 35%, примерно 40% или примерно 45% по массе одного или более чем одного типа щелочных веществ. В типичных воплощениях композиция связующих веществ не содержит щелочных веществ.

#### **Окатыши**

Окатыши, которые включают типичную композицию связующих веществ, имеют улучшенные свойства. Обычные свойства окатышей включают исходную прочность или прочность во влажном состоянии, прочность в сухом состоянии (после сушки сырых окатышей в печи при 105°C) и тенденцию окатышей к растрескиванию (или взрыву) при воздействии температур обжига. В общем, более высокая температура растрескивания является желательным качеством. Тенденция к растрескиванию может быть определена определением минимальной температуры, при которой происходит растрескивание, или наблюдением процентной доли мелких частиц, образующихся на протяжении конкретного цикла обжига. Другие свойства окатышей включают содержание влаги смеси и пористость окатышей. Другим свойством окатышей является "число падений". В общем, большое число падений для сырых окатышей является желательным. Для обеспечения однородных свойств характеристики тока связующего вещества должны быть такими, что его можно легко однородно добавлять в малых количествах.

В типичных воплощениях окатыши, содержащие смесь мелких частиц железной руды и описанные в данном документе композиции связующих веществ, имеют удовлетворительную прочность в сухом состоянии, удовлетворительное число падений и удовлетворительную прочность при высокой температуре, как, например, по сравнению с аналогичными окатышами, полученными с использованием сухого полиакриламидного связующего вещества. В типичных воплощениях окатыши, содержащие смесь мелких частиц железной руды и композиций связующих веществ, описанных в данном документе, имеют желательные свойства поверхности; например, гладкость. В общем, окатыши с более гладкой поверхно-

стью производят меньше пыли.

В других типичных воплощениях окатыши, содержащие смесь мелких частиц железной руды и композиций связующих веществ, описанных в данном документе, имеют удовлетворительную прочность во влажном состоянии, удовлетворительную прочность в сухом состоянии, удовлетворительное число падений и удовлетворительную прочность при высокой температуре, как, например, по сравнению с аналогичными окатышами, полученными с использованием сухого полиакриламидного связующего вещества.

В общем, данные композиции связующих веществ демонстрируют синергетические эффекты в показателях прочности в сухом состоянии и прочности при высокой температуре над однокомпонентными органическими связующими веществами, такими как связующие вещества на основе полимеров или связующие вещества на основе крахмала.

В типичных воплощениях деформация окатышей является низкой. В типичных воплощениях деформация составляет примерно 12%, примерно 11%, примерно 10%, примерно 9%, примерно 8%, примерно 7%, примерно 6%, примерно 5% или примерно 4% или менее. В типичных воплощениях деформация находится в интервале от примерно 4% до примерно 12% или от примерно 6% до примерно 11%.

#### **Способы получения окатышей**

В типичных воплощениях способ получения окатышей железной руды включает: (i) добавление композиции связующих веществ к мелким частицам железной руды с образованием смеси; и (ii) формовку смеси в окатыши. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: один или более чем один тип модифицированного крахмала, один или более чем один тип синтетического сухого полимера и, возможно, один или более чем один тип щелочных веществ. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: (а) от примерно 5 до примерно 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и; (б) от примерно 50 до примерно 95% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В типичных воплощениях композиция связующих веществ по существу состоит из одного или более чем одного типа модифицированного крахмала, одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера. В типичных воплощениях композиция связующих веществ содержит: один или более чем один тип модифицированного крахмала, один или более чем один тип синтетического сухого полимера и один или более чем один тип щелочных веществ, где отношение количества компонента в виде модифицированного крахмала и синтетических сухих полимеров к количеству компонента в виде щелочных веществ находится в интервале от примерно 100:0 до примерно 50:50 или от примерно 70:30 до примерно 50:50.

Согласно данным воплощениям композиция связующих веществ содержит: (а) от примерно 20 до примерно 50% по меньшей мере одного модифицированного крахмала и (б) от примерно 50 до примерно 80% по меньшей мере одного синтетического сухого полимера. В некоторых воплощениях синтетический сухой полимер является анионным или, более конкретно, имеет от примерно 10 до примерно 40 мольных % заряда или от примерно 5 до примерно 15 мольных % заряда.

В типичных воплощениях компоненты композиции связующих веществ могут быть смешаны и добавлены к мелким частицам железной руды в виде смеси. В некоторых воплощениях компоненты связующего вещества могут быть добавлены к мелким частицам железной руды по отдельности.

Согласно воплощениям стадии способа добавления композиции связующих веществ к мелким частицам железной руды с образованием смеси или формовки данной смеси в окатыши можно проводить традиционными или известными в данной области способами агломерации. В типичных воплощениях данный способ дополнительно включает стадию смешивания, перемешивания или встряхивания смеси после добавления композиции связующих веществ. В некоторых воплощениях композицию связующих веществ можно добавлять к мелким частицам железной руды до или во время смешивания данной смеси. В типичных воплощениях композицию связующих веществ можно смешивать с мелкими частицами железной руды посредством рассеивания прошка или дисперсии композиции связующих веществ на мелких частицах железной руды по мере того, как она переносится к мешалке, такой как лопастная мешалка со статорами. В типичных воплощениях смесь, содержащая мелкие частицы железной руды и композицию связующих веществ перемешивают в течение от примерно 2 мин до примерно 20 мин.

В типичных воплощениях данный способ дополнительно включает стадию добавления воды, которую можно добавлять до, во время или после добавления связующего вещества к мелким частицам железной руды. Количеством добавленной воды является количество, требующееся для доведения содержания влаги до оптимального уровня для конкретной смеси. В типичных воплощениях мелкие частицы железной руды, до добавления композиции связующих веществ, уже имеют желательное конечное содержание влаги от примерно 5 до примерно 15% или от примерно 6 до примерно 10% по массе на основе массы железной руды. Содержание влаги представляет собой количество влаги, измеренное нагреванием вплоть до примерно 105°C. Если мелкие частицы железной руды исходно не содержат желательного конечного содержания влаги, для увеличения содержания влаги можно добавлять воду.

В типичных воплощениях формовку смеси в окатыши или стадию агломерации можно проводить с прессованием или без него, посредством окатыwania на диске или окатыwania в барабане. В типичных воплощениях данный способ может дополнительно включать сушку и обжиг окатышей, например, лю-

быми способами, известными в данной области, такими как нагревание окатышей до примерно 1000°C, примерно 1200°C. С этой целью окатыши могут быть введены в горн или в другую установку для обжига и подвергнуты обжигу традиционным способом. Желательно иметь возможность вводить их в данную печь при максимально возможной температуре на входе с минимальным риском растрескивания. Температура на входе, при которой растрескивание становится значимым, может быть названа температурой растрескивания, и конкретным преимуществом воплощений является то, что можно делать окатыши, имеющие более высокую температуру растрескивания, чем те, которые могут быть с удобством получены посредством применения бентонита и других известных связующих веществ.

Следующие примеры представляются лишь для иллюстративных целей и не предназначены для того, чтобы быть ограничивающими.

### Примеры

Получение окатышей и способы тестирования, используемые во всех Примерах, описанных в данном документе, приведены ниже.

#### Получение окатышей

В данном примере были получены окатыши железной руды, содержащие железную руду и связующее вещество, включая связующие вещества согласно воплощениям, описанным в данном документе. Железной рудой, используемой в данном примере, был магнетит с содержанием влаги от 8 до 11 мас.%. Контрольная композиция связующих веществ представляла собой 60% анионного сополимера сухого акриламида и акриловой кислоты (18,4 мольных % акриловой кислоты) с оптимальным размером частиц 100 микрометров и 40% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Композиции связующих веществ согласно данным воплощениям содержали 60% смеси крахмал-полимера (50% по массе по меньшей мере одного модифицированного крахмала и примерно 50% по массе анионного синтетического сухого полимера) и 40% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Композиция связующих веществ образца А содержала смесь крахмал-полимер из примерно 50% по массе кукурузного крахмала в виде геля с медианным размером частиц примерно 80 микрометров (доступен от Tate & Lyle) и примерно 50% по массе сухого полимера 18,5:81,5 акриловая кислота:акриламид с медианным размером частиц примерно 100 микрометров (доступен от Kemira Chemicals). Вязкость смеси крахмал-полимер составляла 2,9 сПз. Связующее вещество добавляли к железной руде в дозировке 0,05 процентов по массе. Данную смесь исходно смешивали вручную и затем загружали в высокоскоростную мешалку (изготовленную WAM S.p.A, Италия) и перемешивали в течение примерно 1 минуты при 100 об./минуту. После перемешивания данную партию просеивали для удаления больших комков и частиц.

Для получения окатышей из смеси использовали дисковый гранулятор (диаметр диска 0,40 м; изготовлен MarsMinerals, США). Смесь подавали на диск с постоянной скоростью, и разбрызгивали на диск атомизированную воду для того, чтобы способствовать образованию окатышей. На протяжении процесса окатыwania постоянно удаляли окатыши, выращенные до правильного интервала размера (больше, чем 10 мм). После окатыwania все партию произведенных окатышей просеивали до другой фракции по размеру, и всю работу с анализами проводили с фракцией окатышей размером 10-12,5 мм. Все тестирование на прочность проводили с 10-12,5 мм окатышами. Индекс дробления получали с использованием смеси окатышей фракций всех размеров, варьирующих от 8 до 15 мм.

Обнаружили то, что окатыши, содержащие типичную композицию связующих веществ, имеют хорошую перерабатываемость и минимальное слипание.

#### Анализ физических свойств

Окатыши, сделанные с использованием каждой композиции связующих веществ, оценивали для определения определенных физических свойств.

Число падений определяли путем повторного падения влажного окатыша индивидуально с высоты 0,45 м на стальную пластину, пока на поверхности тестируемого окатыша не появлялась трещина. Число падений, требующееся для получения трещины на поверхности каждого окатыша, представляет собой число падений.

Прочность на сжатие во влажном состоянии, также именуемая прочностью сырого материала, определяли сразу после окатыwania и просеивания из окатышей в интервале размера 10-12,5 мм. Прочность на сжатие во влажном состоянии измеряли посредством анализатора текстуры СТЗ, изготовленного Brookfield. Окатыши сжимали со скоростью 10 мм/мин до наблюдения растрескивания, и измеряли пиковую силу сжатия. Для влажных окатышей анализатор также давал значение деформации, т.е. того, на какую процентную долю влажный окатыш может быть сжат до его разрушения. Это значение является показателем пластичности влажного окатыша.

Визуальные наблюдения осуществляли на сырых окатышах. Окатыши, сделанные с использованием связующего вещества образца А, имели очень хорошие свойства поверхности окатышей - поверхность данных окатышей была относительно гладкой и сухой.

Целый ряд окатышей (размером 10-12,5 мм) затем сушили при 105°C в течение 12 ч. Прочность на сжатие в сухом состоянии измеряли для высушенных окатышей посредством анализатора текстуры СТЗ, изготовленного Brookfield. Окатыши сжимали со скоростью 10 мм/мин до наблюдения растрескивания, и измеряли и записывали пиковую силу сжатия.

Также измеряли и записывали содержание влаги окатышей. Влажные окатыши помещали на чашку известной массы. Влажные просеянные окатыши определенных размеров помещали на чашку - приблизительно 1 кг на чашку. Измеряется объединенная масса, и окатыши помещаются в печь при 105°C на 12 ч. Измеряется объединенная масса высушенных окатышей, причем разница (влажные-сухие) представляет собой выпаренную влагу. Выпаренная влага выражается в виде % содержания влаги во влажных сырых окатышах после окатыwania (влага сырых окатышей).

Также измеряли прочность на сжатие агломерированных окатышей. Агломерированные окатыши получали посредством загрузки высушенных окатышей в лабораторную печь, нагревания их (приблизительно в течение одного часа) до температуры печи 1200°C или 1300°C (как идентифицировано в Табл. 1) и поддержания данной температуры 15 мин до охлаждения до комнатной температуры. После охлаждения прочность на сжатие 10-12,5 мм агломерированных окатышей измеряли посредством анализатора прочности на сжатие INSTRON® 3366. Окатыши сжимали со скоростью 10 мм/мин до наблюдения расщепления, и измеряли пиковую силу сжатия. Значения, приведенные в табл. 1, представляют собой средние значения 10-20 повторных тестов.

Таблица 1. Физические свойства окатышей железной руды

Образец	Результаты					Прочность при высокой температуре			
	Число падений	Прочность во влажном состоянии (кг)	Деформация (%)	Прочность в сухом состоянии (кг)	Конечное содержание влаги (%)	1200°C	SD	1300°C	SD
Контроль	10,2	0,94	7,5	2,289	9,18	124,9	28,3	396,8	73,8
A	10,4	0,76	10,4	2,342	9,09	162,0	31,4	446,9	95,4

Результаты показали то, что композиция связующих веществ согласно типичным воплощениям дает лучшую прочность в сухом состоянии, чем контроль, т.е. 2,342 по сравнению с 2,289. Результаты также показывают то, что композиция связующих веществ согласно типичным воплощениям дает лучшую прочность при высокой температуре, чем контроль, т.е. 162,0 по сравнению с 124,9 при 1200°C и 446,9 по сравнению с 396,8 при 1300°C.

В предыдущем описании изобретения были описаны разные типичные воплощения. Однако будет очевидным то, что в них можно сделать разные модификации и изменения, и могут быть осуществлены дополнительные воплощения без отступления от более широкого объема типичных воплощений, как изложено в формуле изобретения, которая следует далее. Соответственно, описание и примеры следует рассматривать в иллюстративном, а не в ограничивающем смысле.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композиция связующих веществ для агломерирования мелких частиц железной руды, содержащая один или более чем один тип модифицированного крахмала и один или более чем один тип синтетического сухого полимера, где синтетический сухой полимер имеет анионный нетто заряд от 5 до 40 мол.% заряда, и где модифицированный крахмал присутствует в виде частиц, имеющих медианный размер от 50 до 250 мкм, и где синтетический сухой полимер присутствует в виде частиц, имеющих медианный размер от 50 до 800 мкм.

2. Композиция по п.1, где данная композиция содержит:

- (а) от 5 до 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и
- (б) от 50 до 95% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера.

3. Композиция по п.1, где данная композиция содержит:

- (а) от 20 до 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и
- (б) от 50 до 80% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера.

4. Композиция по п.1, в которой модифицированный крахмал представляет собой кукурузный крахмал в виде геля.

5. Композиция по п.1, где композиция связующих веществ дополнительно содержит один или более чем один тип щелочных веществ.

6. Композиция по п.1, в которой синтетический сухой полимер представляет собой полимер, содержащий акриламид.

7. Композиция по п.1, в которой синтетический сухой полимер представляет собой сополимер акриламида и акриловой кислоты.

8. Композиция по п.1, в которой заряд синтетического сухого полимера составляет от 5 до 15 мол.%.

9. Композиция по п.1, содержащая по меньшей мере 25% модифицированного крахмала.

10. Композиция по п.1, содержащая от 20 до 50% кукурузного крахмала в виде геля и от 50 до 80% сополимера акриламида и акриловой кислоты, в которой по меньшей мере 80% частиц крахмала и полимера присутствуют в виде частиц, имеющих отношение размера в интервале от 1:1 до 1:10.

11. Композиция по п.1, содержащая от 20 до 30% кукурузного крахмала в виде геля и от 70 до 80% сополимера акриламида и акриловой кислоты, в которой крахмал и полимер присутствуют в виде частиц, имеющих отношение размера в интервале от 1:1 до 1:1,15.

12. Способ получения окатышей железной руды, включающий:

(i) добавление композиции связующих веществ к железной руде в виде частиц с образованием смеси и

(ii) формовку данной смеси в окатыши;

где композиция связующих веществ содержит один или более чем один тип модифицированного крахмала, один или более чем один тип синтетического сухого полимера,

где синтетический сухой полимер является анионным или имеет анионный нетто заряд, и где модифицированный крахмал присутствует в виде частиц, имеющих медианный размер от 50 до 250 мкм, и где синтетический сухой полимер присутствует в виде частиц, имеющих медианный размер от 50 до 800 мкм.

13. Способ по п.12, в котором композиция связующих веществ содержит:

(а) от 5 до 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и

(б) от 50 до 95% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера.

14. Способ по п.12, в котором композиция связующих веществ содержит один или более чем один тип модифицированного крахмала, один или более чем один тип синтетического сухого полимера и один или более чем один тип щелочного вещества, где отношение количества компонента в виде модифицированного крахмала и синтетических сухих полимеров к количеству компонента в виде щелочных веществ находится в интервале от 100:0 до 50:50.

15. Способ по п.12, в котором композиция связующих веществ содержит:

(а) от 20 до 50% по массе одного или более чем одного типа модифицированного крахмала и

(б) от 50 до 80% по массе одного или более чем одного типа синтетического сухого полимера.

16. Способ по п.12, в котором окатыши содержат от 0,03 до 0,06% связующего вещества на 1 кг мелких частиц железной руды.

17. Способ по п.12, который дополнительно включает стадию смешивания смеси после добавления композиции связующих веществ.

18. Способ по п.13, где данный способ дополнительно включает стадию добавления воды.

19. Способ по п.12, где стадия формовки смеси в окатыши включает окатыживание на диске или окатыживание в барабане.

20. Способ по п.12, где данный способ дополнительно включает сушку и обжиг окатышей.

21. Способ по п.12, в котором композиция связующих веществ дополнительно содержит один или более чем один тип щелочных веществ.

