



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 24765
(51) C22B 7/00 (2010.01)
C22B 1/02 (2010.01)
C22B 3/20 (2010.01)
C22B 23/00 (2010.01)
C22B 34/24 (2010.01)
C22B 34/36 (2010.01)
C22B 61/00 (2010.01)

КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

- (21) 2009/1510.1
(22) 29.06.2007
(45) 17.10.2011, бюл. № 10
(31) 10 2006 030 731.3
(32) 30.06.2006
(33) DE
(85) 27.01.2009
(86) PCT/EP2007/056527 от 29.06.2007
(72) ОЛЬБРИХ, Армин (DE); МЕЗЕ-МАРКТШЕФФЕЛЬ, Юлианэ (DE); ЯН, Маттиас (DE); ЦЕРТАНИ, Рюдигер (DE); ШТОЛЛЕР, Виктор (DE); ЭРБ, Михаэль (DE); ХАЙНЭ, Карл-Хайнц (DE); КУТЦЛЕР, Увэ (DE)
(73) X. K. ШТАРК ГМБХ (DE)
(74) Юрчак Лариса Сергеевна
(56) US 4320094 A, кл. C01G 37/00, 16.03.1982
CA 2224254 A1, кл. C01G 41/00, 27.12.1996
(54) **СПОСОБ РЕКУПЕРАЦИИ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СУПЕРСПЛАВОВ (ЕГО ВАРИАНТЫ)**
(57) Данное изобретение относится к способу разложения суперсплавов, в частности, металлолома суперсплавов в расплаве соли щелочного металла с последующим извлечением ценных металлов, причем, извлекаются очень ценные металлы, такие как вольфрам, тантал и рений.

(19) KZ (13) B (11) 24765

Данное изобретение относится к способу разложения суперсплавов, в частности, металлолома суперсплавов в расплаве соли щелочного металла с последующим извлечением ценных металлов.

Суперсплавы представляют собой сплавы со сложным составом, устойчивые при высоких температурах, на основе никеля и кобальта с добавками других металлов, таких как, например, алюминий, хром, молибден, вольфрам, тантал, ниобий, марганец, рений, платина, титан, цирконий и гафний, а также неметаллов, таких как бор и/или углерод. Суперсплавы представляют собой сверхтвердые и в особенности устойчивые к истиранию сплавы, которые применяют в моторо- и двигателестроении, энергетической технике, а также в авиации и космической технике. Особенные свойства этих сплавов достигаются, в частности, добавлением редкоземельных и благородных металлов, таких как рений, тантал и ниобий или даже платина. Хороший обзор относительно состава, свойств и областей применения суперсплавов приведен в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, том A13, пятое издание, 1989, стр. 55-65 и в Kirk-Othmer Encyclopedia of Technology, том 12, четвертое издание, стр.417-458.

Суперсплавы отличаются от обычных сплавов с высокой температурой плавления, например, W-Re-сплавы или Mo-Re-сплавы, своей особенной устойчивостью к окислению, соответственно, коррозии. Так детали из суперсплавов в связи с их очень хорошей устойчивостью к окислению используют при изготовлении лопаток в турбинах самолетов. После истечения времени эксплуатации такие детали представляют важный источник сырья для извлечения редких металлов, в частности, рения, тантала, ниобия, вольфрама, молибдена и платины.

Рекуперация легирующих металлов из суперсплавов представляет большой хозяйственный интерес в связи с высокими долями в них дорогих металлов. Так специальные суперсплавы содержат такие металлы, как рений до 12 вес. процентов, тантал до 12 вес. процентов, ниобий до 5 вес. процентов и вольфрам и молибден до 12 вес. процентов. Другими металлами, которые являются основными металлами в суперсплавах, являются никель и кобальт. Суперсплавы представляют и для этих металлов важный источник сырья, из которого возможна хозяйственно выгодная рекуперация этих металлов.

Известен целый ряд гидро- и пирометаллургических, а также электрохимических способов для рекуперации металлических компонентов из суперсплавов, которые в связи со сложностью их осуществления и высокими энергетическими затратами не могут применяться в широких масштабах по экономическим

соображениям из-за постоянно возрастающих цен на энергию.

Рекуперацию металлических компонентов из суперсплавов проводят согласно уровню техники при плавлении их в атмосфере защитного газа и последующем превращении в мелкозернистый порошок в результате разбрызгивания через форсунку. Недостаток такого способа переработки состоит в том, что суперсплавы плавятся только при высоких температурах от 1200 до 1500°C. Собственно рекуперацию суперсплавов проводят только на второй стадии в результате обработки полученного порошка кислотами. Опыт показывает, что для этого требуется несколько дней. Согласно другому способу куски металлолома суперсплавов предварительно делают хрупкими, например, при низких температурах, а затем измельчают энергетически интенсивным перемалыванием, после чего разлагают мокрым химическим путем при повышенной температуре в минеральных кислотах с определенной концентрацией и составом (Potter и др., Eff. Technol. Recycling Metal, 1971, стр. 35ff.

Кроме того, известны также способы, при которых предусмотрено разложение металлолома суперсплавов с помощью электрохимических процессов.

Согласно US 3649487 металлолом сплава на Fe/Ni/Co/Cu-основе, содержащий тугоплавкие металлы, например, вольфрам, молибден и хром, вначале подвергают плавлению с добавлением неметаллических соединений групп III, IV или V и переводят в бориды, карбиды, нитриды, силициды или фосфиды, выплавляя из них аноды, и в заключение подвергают анодному окислению. При этом такие металлы, как Ni, Co и Cu переходят вначале в раствор и затем из раствора выделяются на катоде, в то время как тугоплавкие металлы, например, остаются в виде боридов, карбидов и т.п. в анодном шламе. Хотя в патенте и сообщается, что такие металлы, как Ni, Co, Cu отделены от тугоплавких металлов W, Mo или Cr, однако отсутствуют полные сведения о том, происходит ли полное разделение этих металлов. Кроме того, в патенте нет сведений об экономичности способа.

В WO 96/14440 описан способ электрохимического разложения суперсплавов в результате анодного окисления сплава в электролитной бане с органическим компонентом растворителя. В патенте сообщается, что к раствору электролита может быть добавлено до 10% воды, для того чтобы способ еще мог быть осуществлен согласно изобретению. С другой стороны, при этом возможно пассивирование анода в результате образования геля или крепко адгезированного оксидного слоя, что может приводить к прерыванию электролиза. Переработку и разделение ценных веществ из суспензии, образующейся в результате электролиза, затем проводят фильтрованием. Отделенный при этом, содержащий часть легирующих металлов остаток фильтрования далее обрабатывают термически через кальцинирование и в заключение обычными гидрометаллургическими способами.

В DE 10155791 C1 также описан электрохимический способ разложения суперсплавов. При этом процессе из суперсплавов вначале отливают пластины, которые затем электролитически разлагают в бескислородных неорганических кислотах. С проблемой анодного пассивирования здесь борются переплюсовкой электродов. Оба последних способа могут быть экономически целесообразно осуществлены только при определенных граничных условиях, в частности, при высоком содержании рения в суперсплавах.

В DE 19521333 C1 описано пирометаллургическое разложение металлолома твердых или тяжелых металлов, содержащего вольфрам. Разложение происходит при температуре от 800 до 1000°C в расплаве соли, который состоит из NaOH и Na₂SO₄. Этим способом получают расплав вольфрамата натрия, который после охлаждения растворяют в воде.

Как и в данном изобретении, там щелочной, содержащий сульфат расплав металлолома, который содержит вольфрам и твердый металл, подвергают почти полному разложению в окисляющих условиях с образованием вольфрамата натрия. Это не вызывает удивления в связи с тем, что металл отличается высокой стабильностью и в реакционных условиях растворяется в NaOH-расплаве. Это гарантирует полное разложение металлолома твердого металла.

Задача данного изобретения состоит в создании способа разложения и рекуперации суперсплавов, в частности, металлолома ренийсодержащих суперсплавов, в переработке и извлечении содержащихся в них ценных веществ в качестве экономически выгодной альтернативы по сравнению с рекуперацией, осуществляемой посредством анодного окисления или кислотного разложения.

Эта задача решается способом рекуперации ценных металлов из суперсплавов, причем, суперсплавы разлагают в расплаве соли, который содержит 60-95 вес. процентов NaOH и 5-40 вес. процентов Na₂SO₄, а образованный при этом

продукт разложения в расплаве в заключение перерабатывают гидрометаллургически с целью простого разделения на отдельные ценные металлы. Предпочтительно разложение проводят в расплаве соли состоящем из 65-85 вес. процентов NaOH и 15-35 вес. процентов Na₂SO₄, более предпочтительно из 70-80 вес. процентов NaOH и 20-30 вес. процентов Na₂SO₄.

В случае суперсплавов, к разложению которых имеет отношение данное изобретение, более 50% металлических компонентов, например, никель или кобальт в реакционных условиях, предлагаемых в DE 19521333 C1, не образуют металлатов и оказалось неожиданным, что соответствующее разложение могло иметь место. Далее оказалось неожиданным, что практически весь никель и кобальт после разложения находился в металлическом виде, что позволяло, таким образом, очень предпочтительную переработку разложенного в расплаве продукта с использованием магнитного разделения. Уже из этого следует отчетливая экономическая предпочтительность по сравнению с цитированными электрохимическими способами разложения суперсплавов. Суперсплавы согласно данному изобретению представляют собой сплавы, которые в качестве главного компонента содержат от 50 до 80 вес. процентов никеля, от 3 до 15 вес. процентов, как минимум, одного или нескольких из элементов кобальта, хрома и при необходимости алюминия, а также от 1 до 12 вес. процентов одного или нескольких из элементов рения, тантала, ниобия, вольфрама, молибдена, гафния и платины.

Способ согласно данному изобретению особенно подходит для ренийсодержащих суперсплавов, которые содержат до 12 вес. процентов рения. Разложение суперсплавов согласно данному изобретению предпочтительно проводят таким образом, что в расплав соли добавляют до 10 вес. процентов соды (Na₂CO₃), предпочтительно до 8 вес. процентов соды, более предпочтительно до 5 вес. процентов соды в пересчете на вес расплава соли.

Предпочтительные составы расплава соли приведены в таблице 1.

Таблица

NaOH (вес. процентов)	Na ₂ SO ₄ (вес. процентов)	Na ₂ CO ₃ (вес. процентов)
85	5	10
80	10	10
70	25	5
80	15	5
75	20	5
72	20	8

Суперсплавы могут быть представлены или в виде кусков обломков, или в виде порошков (продуктов размолла или шлифовальных порошков).

Разложение суперсплавов может проводиться как в печах с непосредственным обогревом, например, в печах с газовым или нефтяным отоплением, так и в печах с косвенным обогревом непрерывно или прерывисто. Подходящими для

этого печами являются барабанные печи и вращающиеся трубчатые печи.

При этом предпочтительным является разложение суперсплавов в подвижном щелочном расплаве с прерывисто работающей непосредственно обогреваемой трубчатой вращающейся печью.

Разложение согласно данному изобретению проводят таким образом, что на 1кг суперсплава берут, как минимум, 1кг расплава соли, предпочтительно, как минимум, 1,5кг и более предпочтительно, как минимум, 2кг расплава соли. В случае таких суперсплавов, содержание рения в которых составляет более 8%, используют до 5 кг расплава на каждый 1кг суперсплава.

Разложение суперсплавов согласно данному изобретению происходит с точки зрения пространственно-временного выхода особенно предпочтительно в том случае, когда через расплав соли пропускают воздух и/или кислород. Предпочтительно через расплав соли пропускают смесь воздуха и кислорода, которая содержит от 25 до 95 объемных процентов воздуха и от 5 до 75 объемных процентов кислорода, предпочтительно от 35 до 80 объемных процентов воздуха и от 20 до 65 объемных процентов кислорода.

Разложение суперсплавов согласно данному изобретению проводят при температуре от 800 до

1200°C. Предпочтительно разложение проводят при температуре от 850 до 1100°C, еще более предпочтительно при температуре от 900 до 1050°C. Хорошие условия разложения существуют в том случае, когда в расплав дополнительно вводят окислитель. В качестве окислителя можно использовать, например, нитраты, пероксодисульфаты, пероксиды щелочных металлов и/или их смеси. Предпочтительно в качестве окислителя используют нитрат калия, нитрат натрия, пероксид натрия, пероксид калия, пероксодисульфат натрия, пероксодисульфат калия и/или их смеси. Особенно хорошие скорости разложения достигаются в том случае, когда к расплаву добавляют от 5 до 25 вес. процентов окислительного компонента в пересчете на вес расплава.

Предпочтительные составы расплава соли приведены в таблице 2.

Таблица 2

NaOH (вес. процентов)	Na ₂ SO ₄ (вес. процентов)	Na ₂ CO ₃ (вес. процентов)	Окислитель (вес. процентов)
70	10	-	20(NaNO ₃)
77	5	-	18(K ₂ S ₂ O ₈)
80	5	5	10(Na ₂ O ₂)
60	20	8	6(NaNO ₃) 6(Na ₂ S ₂ O ₈)
85	10	-	8 (Na ₂ O ₂)

Особенно предпочтительно при этом, когда разложение в расплаве проводят таким образом, что происходит частичное окисление суперсплава, или когда после приблизительно полного окисления на некоторое время задают восстановительные условия. В случае способа разложения согласно данному изобретению уже в самом расплаве предварительно образуются три фракции, состоящие из:

-растворимых в воде оксометаллатов металлов 6 и/или 7 побочных групп и/или 3 главной группы периодической системы элементов со щелочными металлами и/или их смесей;

-нерастворимых в воде компонентов из группы таких металлов, как Co, Ni, Fe, Mn или Cr и/или их смесей;

-оксидов и/или нерастворимых в воде оксометаллатов металлов 4 или 5 побочных групп периодической системы элементов со щелочными металлами и/или их смесей.

Эти три фракции в заключение перерабатывают гидрометаллургически. Предметом данного изобретения является, таким образом, способ переработки продукта разложения расплава суперсплава, который включает следующие стадии:

а) перевод продукта разложения расплава в твердую фазу в результате охлаждения до комнатной температуры;

б) измельчение отвердевшего продукта разложения расплава;

с) превращение измельченного продукта разложения расплава в воде при температуре менее 80°C с получением водной суспензии, которая содержит

- раствор, состоящий из смеси натриевых соединений из группы, которая включает NaOH, Na₂SO₄, NaAl(OH)₄ и/или Na₂CO₃, и металлатов элементов 6 и/или 7 побочной группы периодической системы элементов со щелочными металлами,

- твердую металлическую фазу, состоящую из металлов Co, Ni, Fe, Mn и Cr,

твердую фазу, состоящую из гидроксидов и/или оксигидратов металлов 3 главной группы и металлов 4 и/или 5 побочной группы периодической системы элементов;

д) отделение водной фракции фильтрованием;

е) разделение нерастворимой в воде фракции магнитным отделением металлических компонентов;

ф) отделение оксидной фракции.

Способ согласно данному изобретению схематически представлен на прилагаемой фиг. 1.

В соответствии с фиг. 1 продукт разложения расплава суперсплава (2) после охлаждения до комнатной температуры измельчают, после этого перемалывают на мельнице и в заключение выщелачивают в воде. Выщелачивание проводят предпочтительно при температуре менее 60°C, более предпочтительно при температуре менее

40°C. Особенностью продукта разложения расплава является то, что в нем уже предварительно образованы три фракции, которые во время выщелачивания в воде присутствуют как легко разделяемые фракции:

- фильтрат (4), который в существенной мере содержит элементы молибден, вольфрам и рений в виде металлатов щелочных металлов,
- нерастворимый в воде остаток (3), который содержит магнитную фракцию, состоящую практически из всех никелевых и кобальтовых долей сплава и примерно 1/3 присутствующего хрома в металлической форме, в то время как другие элементы представлены в виде побочных компонентов или присутствуют в следовых количествах и

- немагнитная фракция (5), которая включает элементы алюминий, хром, титан, цирконий, гафний, ниобий и тантал в виде их оксидов

(например, Al_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5) или гидроксидов (например, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Ti(OH)_4$, $Zr(OH)_4$, $Hf(OH)_4$, $Ta(OH)_5$, $Nb(OH)_5$), или нитридов (например, AlN , CrN , TiN , HfN , NbN и TaN), или карбидов (например, AlC , Cr_2C_3 , TiC , ZrC , HfC , NbC и TaC).

Дальнейшую переработку этих фракций можно проводить известными способами. Так рений после фильтрования можно выделить из фильтрата (4) с помощью сильно основного ионообменника, как это описано в DE 10155791. Не содержащий рения раствор, который содержит в существенной мере молибдат натрия и вольфрамат натрия, можно добавлять к процессу по извлечению молибдена,

соответственно, вольфрама.

Немагнитный остаток, который содержит до 15% тантала, можно использовать в качестве сырья в танталовой металлургии кобальта и никеля.

Способ согласно данному изобретению особенно подходит для рекуперации рения из суперсплавов. Предметом данного изобретения далее является способ извлечения рения из суперсплавов, который включает следующие стадии:

a) разложение суперсплава в расплаве соли, содержащем 60-95 вес. процентов $NaOH$ и 5-40 вес. процентов Na_2SO_4 ;

b) охлаждение расплава до комнатной температуры;

c) измельчение продукта разложения расплава;

d) превращение измельченного продукта разложения расплава в воде при температуре менее 80°C и получение водной суспензии, которая содержит

- раствор, состоящий из смеси натриевых соединений из группы, которая включает $NaOH$, Na_2SO_4 , $NaAl(OH)_4$ и/или Na_2CO_3 , и металлатов элементов 6 и/или 7 побочной группы периодической системы элементов со щелочными металлами,

- твердую металлическую фазу, состоящую из металлов Co, Ni, Fe, Mn и Cr, твердую фазу, состоящую из гидроксидов и/или оксигидратов металлов 3 главной группы и металлов 4 и/или 5 побочной группы периодической системы

элементов;

e) отделение водной фракции фильтрованием;

f) выделение рения из водной фракции в соответствии с DE 10155791.

Способ извлечения рения из суперсплавов согласно данному изобретению предпочтительно проводят таким образом, что к расплаву соли добавляют до 10 вес. процентов соды (Na_2CO_3), предпочтительно до 8 вес. процентов соды, более предпочтительно до 5 вес. процентов соды в пересчете на вес расплава соли.

Выделение рения из водной суспензии предпочтительно проводят с помощью сильно основного ионообменника.

Преимущество способа согласно данному изобретению состоит в том, что реакция разложения суперсплава в $NaOH-Na_2CO_4$ - расплаве является экзотермической. Процесс является хорошо управляемым в результате пропускания воздуха или смеси воздуха с кислородом. Другое преимущество состоит в том, что удастся почти полностью извлечь все ценные вещества.

Изобретение более подробно поясняется примерами, приведенными ниже.

Примеры

В барабанную печь, напрямую обогреваемую пламенем природного газа, загружают 1,97 т шлифовальной пыли суперсплава (1) вместе с 2,50 т $NaOH$ и 0,45 т Na_2SO_4 , нагревают в течение 4 часов при температуре 1110°C и оставляют еще на 1 час при этой температуре. Состав шлифовальной пыли суперсплава приведен в таблице 3.

После этого образовавшийся жидко-густой продукт разложения суперсплава в расплаве полностью выливают из печи. Охлажденный расплав вначале подвергают грубому измельчению, а затем перемалывают до размеров менее 2 нм. Получают 5,26 т порошкообразного продукта (2), который для выщелачивания примешивают к 7,5 м³ воды. После окончания подачи продолжают перемешивать еще в течение 2 часов, а затем фильтруют в пресс-фильтре и промывают 0,5 м³ воды. Получают 2,10 т остатка после фильтрования (3) и 9,3 м³ фильтрата (4). Остаток после фильтрования суспендируют в воде и металлические магнитные компоненты отделяют от оксидных и гидроксидных компонентов, прокачивая суспензию насосом через циркуляционный контур магнитного разделителя. В значительной мере освобожденную от металлов суспензию затем опять пропускают через пресс-фильтр, фильтраты использованы для следующего выщелачивания. Получают 1,46 т шлама металла (5) и 0,56 т шлама гидроксидов (6). Шлам гидроксидов (6) для рекуперации тантала отправляют на танталовую фабрику, шлам металла (5) для дальнейшей переработки отправляют никелевую фабрику. Фильтрат, содержащий рений (3), подают в ионообменные колонки для извлечения рения. Дальнейшее обогащение и очистку рения проводят стандартными методами согласно уровню техники. Свободный от рения сток ионообменных колонок отправляют на вольфрамовую фабрику для

использования в качестве предварительной загрузки при выщелачивании WO_3 - Извлечение рения составляет 94%.

Составы шлифовальной пыли суперсплавов, также а важных промежуточных продуктов приведены в таблице 3.

Таблица 3

	%	КГ	%	КГ	%	КГ	г/л	КГ	%	КГ	%	КГ
Al	9,28	183	4,47	235	1,46	30,5	21,9	204	0,12	1,7	5,05	28,4
Co	7,09	140	2,59	136	6,73	141	0,0	0,0	9,46	138	0,37	2,1
Cr	7,17	141	2,62	138	6,69	140	0,0	0,0	3,16	46,2	16,4	92,7
Hf	0,22	4,4	0,08	4,3	0,21	4,3	0,0	0,0	0,09	1,4	0,52	2,9
Mo	1,05	20,6	0,39	20,4	0,01	0,1	2,21	20,5	0,01	0,1	0,0	0,0
Ni	51,3	1001	19,0	999	47,9	1000	0,0	0,0	68,8	1006	3,14	17,7
Re	1,53	30,1	0,58	30,5	0,09	1,9	3,12	29,0	0,13	1,8	0,01	0,0
Ta	4,20	82,8	1,55	81,3	3,93	82,0	0,0	0,0	1,94	28,4	9,55	53,8
Ti	1,53	30,2	0,58	30,5	1,47	30,6	0,0	0,0	0,68	10,0	3,59	20,2
W	4,38	86,2	1,64	86,1	0,04	0,9	9,16	85,3	0,06	0,9	0,0	0,0
Zr	2,33	45,9	0,87	45,5	2,15	45	0,0	0,0	0,97	14,3	5,5	31,0
Неметалл, компоненты	9,92											
Сумма металлов	90,08	1775		1807		1476		339		1249		249

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ рекуперации ценных металлов из суперсплавов, при котором суперсплавы разлагают в расплаве соли, содержащем 60-95 вес. процентов NaOH и 5-40 вес. процентов Na_2SO_4 , причем в расплаве предварительно образуются три фракции, состоящие из:

- растворимых в воде оксометаллатов металлов 6 и/или 7 побочных групп и/или 3 главной группы периодической системы элементов со щелочными металлами и/или их смесей;

- нерастворимых в воде компонентов из группы таких металлов, как Co, Ni, Fe, Mn или Cr и/или их смесей;

- оксидов и/или нерастворимых в воде оксометаллатов металлов 4 или 5 побочных групп периодической системы элементов со щелочными металлами и/или их смесей.

2. Способ по п.1, **отличающийся** тем, что в расплав соли добавляют до 10 вес. процентов соды.

3. Способ по п. 2, **отличающийся** тем, что расплав соли, содержит 75-90 вес. процентов NaOH и 5-20 вес. процентов Na_2SO_4 и/или 5-10 вес. процентов соды.

4. Способ по одному из п.п.1-3, **отличающийся** тем, что суперсплавы содержат в качестве главных компонентов один или несколько металлов из группы, включающей Ni, Co, Cr или Al, и в качестве побочных компонентов один или несколько элементов из группы, включающей Re, Mo, Ta, Nb, W, Hf или Pt.

5. Способ по п.4, **отличающийся** тем, что суперсплав содержит 0,5-12 вес. процентов рения.

6. Способ по одному из п.п. 1-5, **отличающийся** тем, что на 1кг суперсплава используют, как минимум, 1кг расплава соли.

7. Способ по одному из п.п.1-6, **отличающийся** тем, что разложение проводят в подвижном

расплаве.

8. Способ по одному из п.п.1-7, **отличающийся** тем, что разложение проводят в периодически или непрерывно работающей трубчатой вращающейся печи.

9. Способ по одному из п.п.1-8, **отличающийся** тем, что через расплав пропускают воздух и/или кислород или их смесь.

10. Способ по одному из п.п.1-9, **отличающийся** тем, что к расплаву добавляют окисляющие компоненты из группы таких соединений, как нитраты, пероксодисульфаты, пероксиды щелочных металлов и/или их смеси.

11. Способ по п. 10, **отличающийся** тем, что в расплав добавляют 5-25 вес. процентов окисляющих компонентов в пересчете на расплав соли.

12. Способ по п. 9, **отличающийся** тем, что через расплав пропускают смесь воздуха и кислорода, состоящую из 25-95 объемных процентов воздуха и 5-75 объемных процентов кислорода.

13. Способ по одному из п.п.10-12, **отличающийся** тем, что разложение проводят при температуре от 800 до 1200°C.

14. Способ по одному из п.п.10-13, **отличающийся** тем, что суперсплавы частично окисляют.

15. Способ рекуперации ценных металлов из суперсплавов, который включает следующие стадии:

а) перевод продукта разложения расплава по п.1 в твердую фазу в результате охлаждения до комнатной температуры;

б) измельчение отвердевшего продукта разложения расплава;

с) превращение измельченного продукта разложения расплава в воде при температуре менее 80°C с получением водной суспензии, которая содержит

- раствор, состоящий из смеси натриевых соединений из группы, которая включает NaOH, Na₂SO₄, NaAl(OH)₄ и/или Na₂CO₃, и металлов элементов 6 и/или 7 побочной группы периодической системы элементов со щелочными металлами,

- твердую металлическую фазу, состоящую из металлов Co, Ni, Fe, Mn и Cr,

- твердую фазу, состоящую из гидроксидов и/или оксигидратов металлов 3 главной группы и металлов 4 и/или 5 побочной группы периодической системы элементов;

d) отделение водной фракции фильтрованием;

e) разделение нерастворимой в воде фракции магнитным отделением металлических компонентов;

f) отделение оксидной фракции.

16. Способ по п.15, *отличающийся* тем, что превращение продукта разложения расплава проводят в воде при температуре менее 60°C.

17. Способ по п.15, *отличающийся* тем, что превращение продукта разложения расплава проводят в воде при температуре менее 40°C.

18. Способ извлечения рения из суперсплавов, который включает следующие стадии:

a) разложение суперсплавов в расплаве соли, содержащем 60-95 вес. процентов NaOH и 5-40 вес. процентов Na₂SO₄;

b) охлаждение расплава до комнатной температуры;

c) измельчение продукта разложения расплава;

d) превращение измельченного продукта разложения расплава в воде при температуре менее 80°C и получение водной суспензии, которая содержит

- раствор, состоящий из смеси натриевых соединений из группы, в которую входят NaOH, Na₂SO₄, NaAl(OH)₄ и/или Na₂CO₃, и металлов элементов 6 и/или 7 побочной

группы периодической системы элементов со щелочными металлами,

- твердую металлическую фазу, состоящую из металлов Co, Ni, Fe, Mn и Cr.

- твердую фазу, состоящую из гидроксидов и/или оксигидратов металлов 3 главной группы и металлов 4 и/или 5 побочной группы периодической системы элементов;

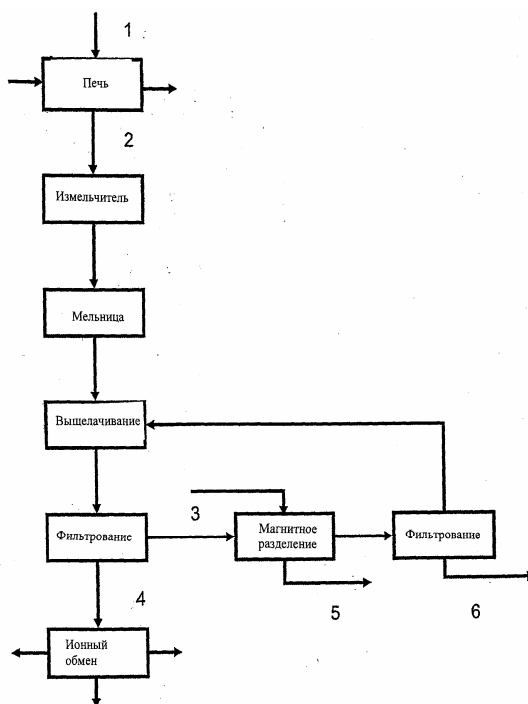
e) отделение водной фракции фильтрованием;

f) отделение рения от водной фракции.

19. Способ по п. 18, *отличающийся* тем, что к расплаву соли добавляют до 10 вес.

процентов соды.

20. Способ по одному из п.п.1-19, *отличающийся* тем, что суперсплавы представляют собой металлолом из суперсплавов.



Фиг. 1