

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 287 017** <sup>(13)</sup> **C2**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ  
(51) МПК  
[C21B 13/14 \(2006.01\)](#)

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

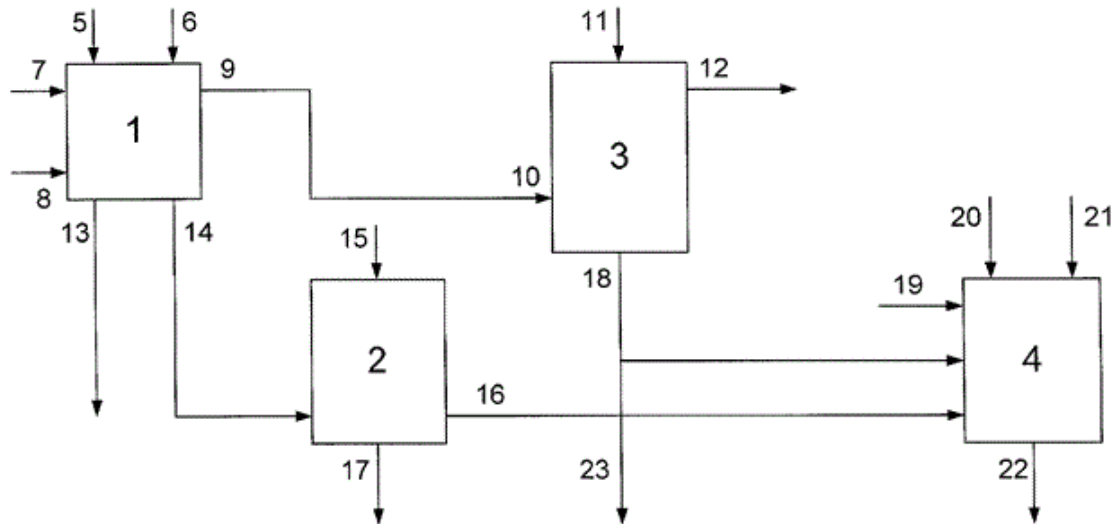
Статус: не действует (последнее изменение статуса: 30.11.2009)

<p>(21)(22) Заявка: <a href="#">2004133868/02</a>, 19.11.2004</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 19.11.2004</p> <p>(43) Дата публикации заявки: 20.04.2006 Бюл. № 11</p> <p>(45) Опубликовано: <a href="#">10.11.2006</a> Бюл. № 31</p> <p>(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2167944 C1, 27.05.2001. RU 2139940 C1, 20.10.1999. US 5407179 A, 18.04.1995.</p> <p>Адрес для переписки: 620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, а/я 18, В.Г. Лисенко</p>	<p>(72) Автор(ы): Лисенко Владимир Георгиевич (RU), Юсфин Юлиан Семенович (RU), Смирнов Леонид Андреевич (RU), Ровнушкин Виктор Аркадьевич (RU), Ладыгина Наталья Владимировна (RU), Дружинина Ольга Геннадиевна (RU), Пареньков Александр Емельянович (RU)</p> <p>(73) Патентообладатель(и): Региональное Уральское отделение Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова (RU), ОАО "Уральский институт металлов" (RU)</p>
--	---

**(54) СПОСОБ БЕСКОКСОВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩЕГО РУДНОГО СЫРЬЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЛЕГИРОВАННОЙ ВАНАДИЕМ СТАЛИ, ГОРЯЧИХ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ И ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА****(57) Реферат:**

Изобретение относится к области металлургии, в частности к процессам металлизации и электросталеплавильному производству. В шахтной печи осуществляют металлизацию ванадийсодержащего рудного сырья с использованием в качестве восстановителя горячих восстановительных газов, поступающих из газификатора с жидкой ванной, где с одновременным получением газа производятся ванадийсодержащий полупродукт и ванадийсодержащий шлак. Металлизованное сырье, ванадийсодержащий полупродукт, металлургический скрап подают в дуговую электропечь для выплавки стали. Перед подачей в электропечь ванадийсодержащий полупродукт поступает в агрегат деванадации для окисления ванадия с получением рафинированного полупродукта и ванадийсодержащего шлака. После чего рафинированный полупродукт, металлизованное сырье и металлургический скрап подают в электропечь. В электропечи вначале проплавляют рафинированный полупродукт и металлургический скрап, сливают шлак и на полученный расплав подают и проплавляют металлизованное сырье до получения стали. Ванадийсодержащий шлак, полученный при деванадации ванадийсодержащего полупродукта, а также не использованное для выплавки стали металлизованное сырье, полученное в шахтной печи, используют как товарную продукцию. Преимуществом предлагаемого изобретения является удешевление процесса

получения легированной ванадием стали, снижение энергоемкости процесса и увеличение степени извлечения ванадия на всех стадиях технологической цепочки. 1 ил.



Изобретение относится к области металлургии, в частности к процессам металлизации и электросталеплавильному производству.

Известны способы выплавки ванадиевых сталей [1, с.15, 16], при котором используется схема: доменная печь-конвертер с получением конвертерного ванадиевого шлака, химическая переработка ванадиевого шлака с получением 60-70% оксида ванадия  $V_2O_5$  - ферросплавное производство с получением железованадиевого сплава FeV, выплавка стали в электропечи с использованием феррованадия. Однако этот процесс очень энергоемкий - он включает такие энергоемкие процессы, как доменный и химическую переработку ванадиевого шлака, кроме того, потери ванадия в данной, очень длинной цепочке составляют 68-70%.

Известен способ выплавки ванадиевой стали [1, с.20, 2, с.223], при котором производятся металлизованные ванадиевые окатыши с содержанием ванадия около 0,4-0,42% с последующим их использованием в электропечи и получением легированной ванадием стали. Однако в этом случае для процесса металлизации применяют восстановительные газы, полученные за счет конверсии дорогостоящего высококалорийного топлива - природного газа.

Известен также способ частичного восстановления руды и окатышей, причем процесс восстановления происходит в шахтной печи путем применения восстановительных газов, получаемых в газификаторе с жидкой ванной [3]. При этом способе возможно использование для газификации дешевого углеродсодержащего материала, как правило это низкосортные угли. Однако в этом случае не предусмотрено использование ванадийсодержащих материалов (окатышей) и последующее легирование стали ванадием, а температура газа, подаваемого в шахтную печь, составляет 850-900°C.

Известен также способ бескоксовой переработки ванадийсодержащего рудного сырья с получением легированной ванадием стали [4], в котором из ванадийсодержащего сырья дополнительно получают ванадийсодержащий полупродукт и шлак в плавильном газификаторе с жидкой ванной при газификации угля и углеродсодержащих материалов с одновременным получением горячего восстановительного газа, который с температурой 850-1050°C и с расходом 2000-2700 м<sup>3</sup>/т сырья подается в шахтную печь для металлизации ванадийсодержащего сырья, при этом в электропечь для выплавки стали подаются следующие шихтовые материалы: ванадийсодержащие полупродукт и шлак, металлизованное ванадийсодержащее сырье и металлургический скрап. Кроме того, экспортный газ из печи металлизации используют в качестве дополнительного топлива в электропечи. Однако в этом случае при совместном проплавлении ванадийсодержащих полупродукта и шлака, металлизованного сырья и металлургического скрапа монопроцессом из-за наличия в полупродукте и скрапе большого количества нежелательных примесей, например фосфора, не всегда возможно получить высококачественную сталь с точки зрения вредных примесей. С другой стороны, при выплавке стали в электропечи в две стадии со сливом первого шлака, при проплавке вначале скрапа и ванадийсодержащего полупродукта с целью удаления в шлак нежелательных примесей, например фосфора, весь ванадий полупродукта будет удален вместе со шлаком. К тому же использование в электропечи

ванадийсодержащего шлака печи жидкофазного восстановления приводит к повышенному шлакообразованию и, соответственно, к дополнительному расходу электроэнергии.

Таким образом, известен способ бескоксовой переработки ванадийсодержащего рудного сырья с получением легированной ванадием стали [4], при котором предусмотрено использование в шихте электропечи одновременно ванадийсодержащего полупродукта, металлизированного ванадийсодержащего сырья и металлургического скрапа, который наиболее близок к предлагаемому техническому решению и выбран в качестве прототипа.

Основным недостатком этого способа является невозможность получения высококачественной стали с точки зрения вредных примесей при совместном проплавлении ванадийсодержащего полупродукта, металлизированного сырья и металлургического скрапа монопроцессом из-за возможного наличия в полупродукте и скрапе большого количества нежелательных примесей, например фосфора. А при выплавке стали в электропечи в две стадии со сливом первого шлака, при проплавке вначале скрапа и ванадийсодержащего полупродукта с целью удаления в шлак нежелательных примесей, например фосфора, весь ванадий полупродукта будет удален вместе со шлаком. К тому же использование в электропечи ванадийсодержащего шлака печи жидкофазного восстановления приводит к повышенному шлакообразованию и, соответственно, к дополнительному расходу электроэнергии.

Целью предлагаемого изобретения является удешевление процесса получения легированной ванадием стали, снижение энергоемкости процесса и максимальное извлечение ванадия на всех стадиях технологической цепочки.

Указанная цель достигается тем, что по предложенному способу, с целью сохранения и дальнейшего использования ванадия полупродукта печи жидкофазного восстановления, ванадийсодержащий полупродукт сначала поступает в деванадатор (например, кислородный конвертер или ковш), где проводят продувку полупродукта кислородом с целью окислить ванадий и перевести его в шлак. Полученный ванадиевый шлак с содержанием оксидов ванадия 18-20% можно использовать в дальнейшем для получения феррованадия. Горячий рафинированный полупродукт, содержащий менее 0,04% V, из деванадатора поступает в дуговую электропечь.

Ванадийсодержащее сырье (например, ванадиевые окатыши или брикеты) с содержанием ванадия до 0,4-0,5% проходит восстановительную стадию металлизации в печи металлизации, например в шахтной печи, причем в качестве восстановителя используются горячие восстановительные газы, получаемые при газификации углеродсодержащих материалов, например угля или любых отходов в жидкой расплавленной ванне. При этом температура горячих восстановительных газов при восстановлении ванадийсодержащих окатышей составляет 900°C.

Печь жидкофазного восстановления работает в смешанном режиме и при загрузке в качестве рудной части ванадийсодержащего сырья обеспечивает помимо получения горячих восстановительных газов также получение полупродукта с содержанием ванадия до 0,5% и ванадийсодержащего шлака.

По предложенному способу в качестве шихты дуговой электропечи для выплавки легированной ванадием стали с содержанием ванадия до 0,09% используются в количественном соотношении: металлизированное ванадийсодержащее сырье, например окатыши - 15-50%, металлургический скрап - 10-30%, рафинированный полупродукт, полученный из ванадийсодержащего полупродукта печи жидкофазного восстановления после деванадации - 30-70%.

При этом специфика процесса выплавки стали в электропечи такова. Для обеспечения выплавки высококачественной стали с точки зрения содержания в стали вредных примесей сначала проплавляются рафинированный полупродукт и металлургический скрап с целью удаления вредных примесей, например фосфора, в первый шлак. После чего полученный шлак сливается, а затем на металлургический расплав подают и проплавляют металлизированное сырье. Если при этом в электропечь подавать ванадийсодержащий полупродукт непосредственно из печи жидкофазного восстановления без его предварительной деванадации, то весь ванадий полупродукта уходит вместе с первым сливаемым шлаком. Таким образом, предварительная деванадация ванадийсодержащего полупродукта увеличивает долю извлечения ванадия по всей технологической цепочке.

Если при условии обеспечения безотходности производства продукции по предложенному процессу количество металлизированных окатышей, производимое в шахтной, превышает требуемый для выплавки стали процент металлизированного сырья в шихте, оставшаяся часть металлизированного сырья используется как товарный продукт.

При этом выдерживаются следующие параметры технологического режима.

Основным продуктом плавки в электропечи является ванадийсодержащая сталь с содержанием ванадия до 0,09%. При этом металлическая часть шихты состоит из металлургического скрапа 10-30%, ванадийсодержащего металлизированного сырья (например, окатышей) 15-50% с содержанием ванадия  $V=0,4-0,5\%$ , получаемого в печи металлизации, и рафинированного полупродукта, полученного из ванадийсодержащего полупродукта печи жидкофазного восстановления после деванадации, 30-70%.

В печь металлизации загружается ванадийсодержащее рудное сырье, например окатыши, с содержанием ванадия  $V=0,4-0,5\%$ , а процесс восстановления проводят горячим восстановительным газом с температурой  $900^{\circ}\text{C}$  и содержанием  $\text{CO}=50-55\%$ ,  $\text{H}_2=15-20\%$ ,  $\text{CO}_2=10-15\%$ , получаемым в газификаторе с жидкой ванной, до степени металлизации 0,88-0,92%. Расход горячего восстановительного газа составляет  $1700-1750 \text{ м}^3/\text{т}$  окатышей. Полученное металлизированное сырье частично используется в качестве шихты дуговой электропечи, оставшаяся часть металлизированного сырья применяется как товарный продукт.

В газификатор с жидкой ванной загружают углеродсодержащий материал, например уголь или любые отходы, с расходом 2-2,2 т/т выплавляемого полупродукта, а также ванадийсодержащее рудное сырье (например, титаномагнетитовые ванадийсодержащие руды, ванадийсодержащие окатыши или брикеты) с содержанием ванадия до 0,4-0,5% с расходом 1,5-1,7 т/т выплавляемого полупродукта. При этом подается дутье нижних фурм с расходом  $1400-1500 \text{ м}^3/\text{т}$  полупродукта и кислород нижних фурм с расходом  $300-400 \text{ м}^3/\text{т}$  полупродукта. Помимо ванадийсодержащего полупродукта при работе печи жидкофазного восстановления в смешанном режиме обеспечивается получение горячих восстановительных газов с выходом  $4300-4500 \text{ м}^3/\text{т}$  полупродукта. При степени дожигания горячих восстановительных газов 20% их температура составляет  $1420^{\circ}\text{C}$ .

С целью сохранения и дальнейшего использования ванадия полупродукта печи жидкофазного восстановления ванадийсодержащий полупродукт с температурой  $1500^{\circ}\text{C}$ , содержащий до 0,5% V и 4-4,5% C, поступает в деванадатор, где проводят его продувку кислородом с целью окислить ванадий и перевести его в шлак. За время продувки окисляется 90-95% ванадия, а также часть углерода. Полученный ванадиевый шлак можно использовать в дальнейшем для получения феррованадия. Горячий рафинированный полупродукт, содержащий менее 0,04% V и 2,5-3% C, из деванадатора поступает в дуговую электропечь с температурой  $1350-1400^{\circ}\text{C}$ .

На чертеже представлено устройство, реализующее предлагаемый способ.

Оно содержит газификатор 1, деванадатор 2 (применяется кислородный конвертер или ковш), печь для металлизации 3, электросталеплавильную печь 4.

Способ реализуется следующим образом. В газификатор 1 через засыпное устройство подают углеродсодержащий материал 5, например уголь или любые углеродсодержащие отходы, ванадийсодержащее рудное сырье 6. На верхние фурмы 7 подают кислород, на нижние фурмы 8 подают кислородсодержащее дутье. Получаемые в процессе жидкофазного восстановления и газификации горячие восстановительные газы через патрубок 9 поступают в распределительное устройство 10 печи металлизации 3.

В печь металлизации 3 через засыпное устройство 11 загружается ванадийсодержащее рудное сырье, например окатыши. Отработанный в шахтной печи 3 горячий экспортный газ отводится через патрубок 12 как отработанный.

Из печи жидкофазного восстановления 1 в процессе плавки через выпускные отверстия 13 отводится ванадийсодержащий шлак, через выпускные отверстия 14 отводится ванадийсодержащий полупродукт и поступает в деванадатор 2. После продувки кислородом 15 горячий рафинированный полупродукт 16 из деванадатора 2 поступает в электропечь 4. Полученный в процессе продувки ванадиевый шлак 17 сливают для дальнейшего использования в целях производства феррованадия.

Получаемый в процессе восстановления в печи 3 металлизированный ванадийсодержащий продукт 18 поступает через загрузочное устройство в дуговую электропечь 4. В электропечь 4 также в качестве шихты поступает металлургический скрап 19. Для продувки дуговой электропечи 4 подается кислород 20.

В дуговой электропечи 4 с помощью электроэнергии, подаваемой через электроды 21, осуществляется процесс плавления шихты с получением легированной ванадием стали 22.

Не использованная в качестве шихты электропечи 4 часть ванадийсодержащего продукта 18 из печи восстановления 3 применяется как товарный продукт 23.

Преимуществом данного способа является увеличение доли извлечения ванадия из ванадийсодержащих продуктов за счет внедрения деванадатора в технологическую цепочку и получения в ходе процесса помимо легированной ванадием стали ванадиевого шлака, используемого в качестве товарного продукта. Кроме того, снижается расход электроэнергии на процесс выплавки стали в электропечи за счет снижения количества шлакообразующих в процессе выплавки стали.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бескоксовая переработка титаномагнетитовых руд. // В.А.Ровнушкин, Б.А.Боковиков, С.Г.Братчиков и др. М.: Metallurgia. 1988. 246 с.
2. Смирнов Л.А., Дерябин Ю.А., С.В.Шаврин. Metallургическая переработка ванадийсодержащих титаномагнетитов. Челябинск: Metallurgia (Челябинское отделение), 1990. 255 с.
3. Corex (R), Revolution in Ironmaking. Voest Alpine Industrieanlagenbau. Linz. 1994. P.21.
4. Пат. №2167944. Способ бескоксовой переработки ванадийсодержащего рудного сырья с получением легированной ванадием стали. / В.Г.Лисиенко, В.А.Роменец, А.Е.Пареньков и др. Приоритет от 11.08.98 г. Бюл. №15, 27.05.2001.

#### Формула изобретения

Способ бескоксовой переработки ванадийсодержащего рудного сырья с получением легированной ванадием стали, горячих металлизированных окатышей и ванадиевого шлака, включающий металлизацию ванадийсодержащего рудного сырья в шахтной печи с использованием в качестве восстановителя горячих восстановительных газов, поступающих из газификатора с жидкой ванной, при котором осуществляют одновременное получение газа, ванадийсодержащего полупродукта и ванадийсодержащего шлака, последующую подачу компонентов шихты в виде металлизированного сырья, ванадийсодержащего полупродукта, а также metallургического скрапа в дуговую электропечь для выплавки стали, отличающийся тем, что перед подачей в электропечь ванадийсодержащий полупродукт поступает в агрегат деванадации для окисления ванадия с получением рафинированного полупродукта и ванадийсодержащего шлака, после чего компоненты шихтовых материалов в виде рафинированного полупродукта 30-70%, металлизированного сырья 15-50% и metallургического скрапа 10-30% подают в электропечь, при этом в электропечи вначале проплавляют рафинированный полупродукт и metallургический скрап, сливают metallургический шлак и на полученный расплав подают и проплавляют металлизированное сырье до получения стали, ванадийсодержащий шлак, полученный при деванадации ванадийсодержащего полупродукта, а также неиспользованное для выплавки стали металлизированное сырье, полученное в шахтной печи, используют как товарный продукт.

#### ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: [2004133868](#)

Дата прекращения действия патента: **20.11.2006**

Извещение опубликовано: [20.06.2008](#) БИ: 17/2008