

Обзор патента 5012138 компании Sumitomo Metal

Метод эксплуатации доменной печи

Публикация заявки № 2008-240109

Патент зарегистрирован 15.06.2012

Решаемая проблема

Предложить рабочий метод для вдувания большого количества тонкодисперсного порошкообразного угля в доменную печь, исключая при этом ухудшение газопроницаемости в доменной печи.

Одновременно могут быть достигнуты защита колошниковой части печи и улучшение стоимостных показателей обработки жидкого чугуна.

Решение

Существует метод эксплуатации доменной печи с вдуванием ≥ 100 (кг/т жидкого чугуна) тонкодисперсного порошкообразного угля при содержании крупной руды ≤ 30 % по массе в материале рудной колоши; этот метод эксплуатации доменной печи усовершенствован, то есть через колошниковую часть доменной печи в печь загружается 5–30 (кг/т жидкого чугуна) руды, содержащей брусит (гидроксид магния).

При этом методе эксплуатации желательно, чтобы брусит имел тот же гранулометрический состав, что и крупная руда, а позиция загрузки этой руды в печь находилась на расстоянии в 0,4–1,0 радиуса печи от центра печи. Кроме того, желательно применять этот метод эксплуатации в то время, когда через колошниковую часть доменной печи в печь загружается крупная руда, содержащая $\geq 4,5$ % по массе SiO_2 .

Описание

В случае метода эксплуатации доменной печи, при котором количество вдуваемого порошкообразного угля составляет 100 кг или больше на 1 тонну жидкого чугуна, а содержание крупнокусковой руды менее 30% (по массе), минеральное сырье, содержащее гидроксид магния, подается через колошник шахтной печи и его подаваемое количество регулируется в пределах 5–30 кг на 1 тонну жидкого чугуна.

Когда упомянутая выше руда, содержащая гидроксид магния, представляет собой массивную руду, то расстояние в направлении радиуса печи от центра печи до позиции загрузки руды, содержащей гидроксид магния, обозначается буквой r на уровне засыпи колоши, а расстояние от центра печи до стенки печи обозначается буквой R . При методе эксплуатации доменной печи согласно пункту формулы изобретения 1 загрузка в печь производится таким образом, что позиция загрузки выражается

следующим соотношением вида (1), которому может удовлетворять распределение вышеупомянутой руды, содержащей гидроксид магния.

$$0,4 \leq r/R \leq 1 \quad (1)$$

Метод эксплуатации доменной печи в соответствии с пунктами формулы изобретения 1 или 2, где содержание SiO_2 в загружаемой крупнокусковой руде составляет не менее 4,5% от общего содержания SiO_2 .

Вопросы, связанные с бруситом

При вышеупомянутом методе эксплуатации с вдуванием порошкообразного угля, когда загружается большое количество тонкодисперсного угля, снижается высота пластичной зоны, возникающей под действием удельного теплового потока (где нагреваемые материалы начинают плавиться со слипанием в пластичную массу, но еще не стекают каплями, и которая указывает на отношение теплоемкости твердого материала к теплоемкости газообразного материала), так что может иметь место дополнительное ухудшение нагрева. Если высота расположения зоны плавления растёт, то увеличивается температура печного газа, выходящего из верхней части шахтной печи. Существует возможность повреждения этого оборудования в связи с возрастанием тепловой нагрузки на колошниковое оборудование печи.

Содержание Si в расплавленном чугуне возрастает с увеличением количества вдуваемого тонкодисперсного угля. Это происходит по той причине, что возникает реакция переноса Si в расплавленный чугун, которая выражается следующими уравнениями вида (1) и (2). А именно, в позиции расположения фурмы, вблизи от зоны циркуляции кокса, кремний возвращается с коксом (C), в котором содержится SiO_2 из сгорающей угольной пыли, выделяется газ SiO, а затем этот газ SiO и стекающий каплями жидкий чугун находятся в контакте, как описывает уравнение вида (1). Возникает реакция с углеродом C в жидком чугуне, которую описывает уравнение вида (2), SiO возвращается и переходит в жидкий чугун в виде кремния Si. Это связано с тем, что расстояние стекания капель будет увеличиваться, так что интенсивность взаимодействия частиц жидкого чугуна и газа SiO будет возрастать. Если высота расположения зоны плавления растёт, то интенсивность возникновения реакции вида (2) увеличивается, так что содержание Si в жидком чугуне начинает возрастать.



В другом патенте (заявка № 2001-140007) раскрыта сущность метода снижения температуры газов на колошнике печи с использованием реакции разложения кристаллизационной воды, за счёт загрузки руды с высоким содержанием кристаллизационной влаги, в режиме работы с вдуванием большого количества порошкообразного угля.

Однако, как правило, руда с высоким содержанием кристаллизационной влаги будет становиться пористой при нагреве, так что ее механическая прочность при высокой температуре ухудшается, а воздухопроницаемость в печи становится нестабильной, поскольку образуется много порошкообразной руды. За последние годы качество железной руды ухудшилось, а содержание SiO_2 в руде сейчас выше, чем когда бы то ни было. Если в такой ситуации увеличивается загрузка железной руды с высоким содержанием влаги и высоким содержанием SiO_2 , то в печи возрастает количество шлака, а это не только ухудшает воздухопроницаемость в шахтной печи, но также из-за увеличения требуемого количества энергии для образования шлака будет возрастать относительная доля восстановителя, а это приведёт к росту эксплуатационных издержек.

В патенте (заявка № 1986–261407) раскрыта сущность метода контроля загрузки вспомогательных материалов, например, доломита, посредством использования температуры газа в шахтной печи в качестве показателя, а также контроля основности шлака, концентрации MgO и S в жидком чугуне. В этом методе существует проблема изменения и нестабильности основности шлака при загрузке вспомогательных материалов, например, доломита. Основность шлака представляет собой численное значение, которое равно отношению процентного содержания по массе CaO к процентному содержанию по массе SiO_2 в шлаковой составляющей, этот показатель влияет на температуру плавления доменного шлака, вязкость, возможность десульфурации и т. д.

Таким образом, основность шлака рассчитывается с глобальных позиций, с учетом также стабильности работы доменной печи и стоимости обработки жидкого чугуна. Поскольку основность будет изменяться, то будет изменяться и температура начала плавления загруженных материалов. В результате условия работы печи будут нестабильными, поскольку в шахте печи будет больше толщина пластичной зоны, которая служит причиной наибольшей потери давления в печи. А изменение компонентов жидкого чугуна требует дополнительной обработки, чтобы скорректировать его характеристики. Это увеличивает эксплуатационные издержки.

Рекомендуется поддерживать основность шлака на расчетном уровне во время работы каждой доменной печи. При использовании доломита требуется добавлять вспомогательные материалы, которые содержат SiO_2 , например, серпентин и кремнистую породу, чтобы поддерживать соответствующую величину основности. Это увеличивает количество шлака и приводит к ухудшению воздухопроницаемости в печи. Если же регулирование основности в печи будет достигаться за счет контроля основности агломерированного материала, то предполагается пониженное содержание CaO в агломерированной руде. Это означает меньшую производительность агломерационного производства и снижение качества получаемого агломерата, а также более высокие издержки процесса агломерирования.

В патенте (заявка № 1993–311217) поясняется решение для снижения содержания Si в жидком чугуне, а также содержания S (серы) за счёт дополнительной загрузки доломита, серпентина и известняка в зону слоя кокса по периметру стенки печи. Но это решение также приводит к образованию большего количества шлака из-за регулирования основности в печи и создает нежелательные условия в печи.

А патенте (заявка № 1983–061204) представлены методы снижения содержания Si в жидком чугуна. В соответствии с этими методами определенные виды минерального сырья, имеющие разную степень основности, подаются с круговой загрузкой, где распределение основности соответствует распределению температуры на уровне фурмы, чтобы контролировать содержание Si в жидком чугуна. Но при таком решении с круговой загрузкой подаются плавильные флюсы, так что некоторые флюсы остаются в слое кокса, а это приводит к ухудшению воздухопроницаемости в печи, кроме того ухудшается эффективность применения флюса, поскольку флюс должен также подаваться вне зоны циркуляции кокса.

В соответствии с решением, которое изложено в патенте (заявка № 2003–183711), плавильный флюс, состоящий, по меньшей мере, из смеси FeO, CaO и MgO, плавится с использованием порошкообразного угля, вдуваемого через фурму, чтобы снизить температуру. Но этот метод влечет за собой риск чрезмерного охлаждения печи. В то же время необходимо подавать SiO₂, чтобы избежать перехода в неактивный режим в мертвой зоне; объем шлака увеличивается, а состояние доменной печи будет ухудшаться из-за ухудшению воздухопроницаемости в печи.

С предшествующими решениями связаны следующие проблемы. В качестве вспомогательных материалов для снижения содержания Si в жидком железе используются доломит и серпентин, которые содержат большое количество CaO и SiO₂, а также магнезит, выделяющий газ CO₂ при термическом разложении. В случае использования некоторых вспомогательных материалов, которые содержат CaO и SiO₂, нужно подавать избыточное количество этих материалов, чтобы контролировать основность в печи. Это означает, что будет производиться больше шлака, а результатом будет плохая воздухопроницаемость в печи и нестабильное состояние печи.

Карбонатный материал, например, магнезит, выделяет газ CO₂ при термическом разложении. На верхней стороне доменной печи не прямое восстановление железа осуществляется, главным образом, газом CO, что описывают приведенные ниже уравнения (3) и (4). Когда при нагревании выделяется газ CO₂, восстановительная способность газа CO ухудшается, так что восстановление железа будет приостановлено. По причине этой задержки восстановления невосстановленная железная руда поступает на уровень фурмы, где начинается прямое восстановление согласно уравнению реакции (5). Это восстановление представляет собой эндотермическую реакцию. Нарастание этой реакции прямого восстановления означает падение температуры на уровне фурмы, а частота непосредственного контакта фурмы и расплавленного чугуна будет выше, так что повысится риск повреждения фурмы.



Чтобы решить вышеупомянутую проблему, изобретатель изучил метод эксплуатации, который позволяет контролировать воздухопроницаемость в печи, понизить температуру на уровне колошника печи, уменьшить содержание Si и S в жидком чугуне, в результате чего получил следующие сведения, приведенные в пунктах (a) и (b).

- (a) Эффективнее всего использовать минеральное сырьё, содержащее гидроксид магния, который загружается через колошник печи с целью понижения температуры на колошнике печи, а также уменьшения содержания Si и S в расплавленном чугуне.
- 1) Обычно ископаемый гидроксид магния называется бруситом. Его основным компонентом является $Mg(OH)_2$, а химический анализ показывает, что содержание MgO в брусите составляет не менее 50% по массе. Не предполагается вводить дополнительный флюс в шихту, подаваемую в доменную печь, поскольку брусит не изменяет величину основности в печи.
 - 2) Гидроксид магния не выделяет газ CO_2 при разложении в результате нагрева. Он не оказывает никакого влияния на реакцию восстановления в печи, а также брусит превосходно подходит для снижения температуры на колошнике печи, ограничивая при этом содержание Si и S в жидком чугуне эффективнее, чем другие вспомогательные материалы.
- (b) Рекомендуется, чтобы минеральное сырьё, содержащее гидроксид магния, загружалось через колошник печи, а распределяться оно должно в круговой зоне радиусом 0,4–1,0 на уровне колошника печи. Если радиус загружаемой круговой зоны меньше 0,4, то нерасплавленные вспомогательные материалы остаются в коксе, что приводит к ухудшению воздухопроницаемости и плохим условиям стекания капель жидкого чугуна в центральной зоне печи, ослаблению эффекта торможения образования газа SiO и газообразной серы S, которое имеет место у стенок печи, главным образом, вблизи от зоны циркуляции кокса, а это приводит к отрицательному эффекту в плане снижения содержания Si и S в расплавленном чугуне.

Приложение

Таблица 1

Auxiliary materials	Endothermic energy amount, kJ/kg	Decomposition Reaction
Limestone	1060	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
Dolomite	878	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{CO}_2$
Serpentine	450	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \rightarrow 3\text{MgO} + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Brucite	1207	$\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$

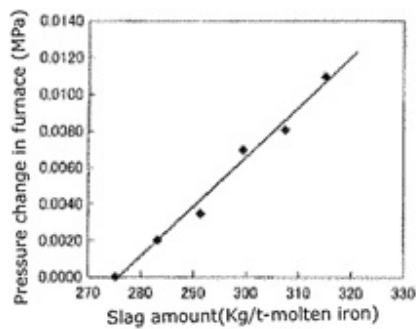
Таблица 2

Test №	Category	Test condition		Test results				
		Auxiliary material	Charge, kg/t-p	Slag amount, kg/t-p	Pressure change in furnace, Mpa	Temp. change at furnace top, °C	Si change in molten iron, %	S change in molten iron, %
1	This invention	Brucite	15	+10	+0.006	-18	-0.07	-0.005
2	Comparison	Dolomite	15	+27	+0.014	-18	-0,06	-0.002
3	Comparison	Serpentine	15	+32	-0.024	-23	-0.04	-0.002

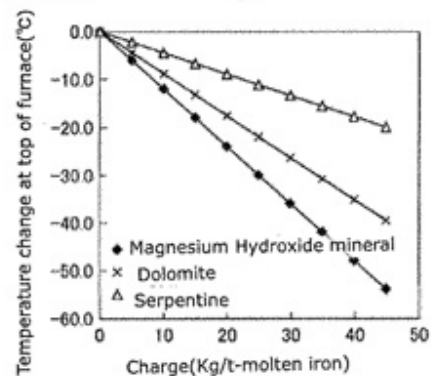
Таблица 3

Test №	Category	Test condition		Test results		
		Change of Magnesium Hydroxid mineral, kg/t-p	Charge of high crystal water iron ore, mass %	Pressure change in furnace, Mpa	Si change in molten iron, %	S change in molten iron, %
4	This invention	15	6	+0.001	-0.06	-0.005
5	Comparison	0	6	+0.010	0	0

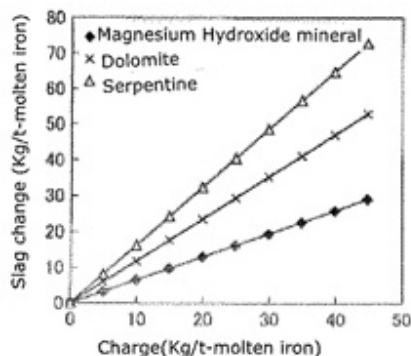
【图1】



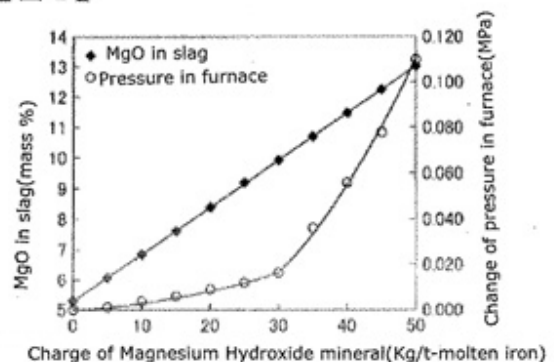
【图3】



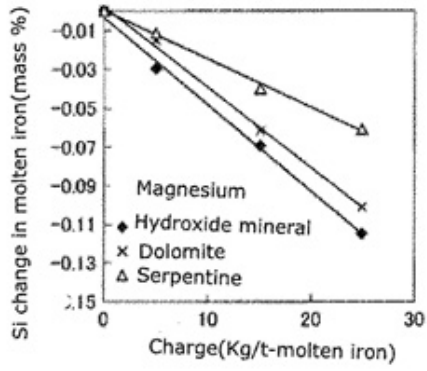
【图2】



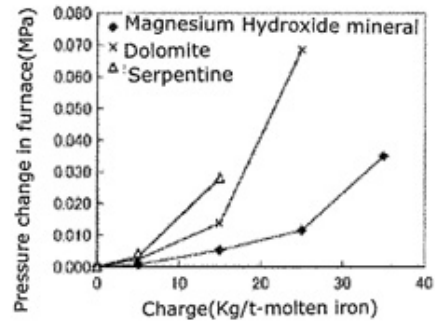
【图4】



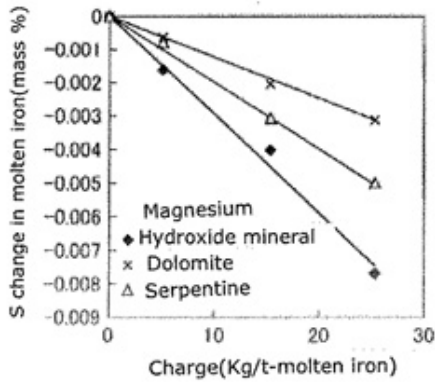
【图5】



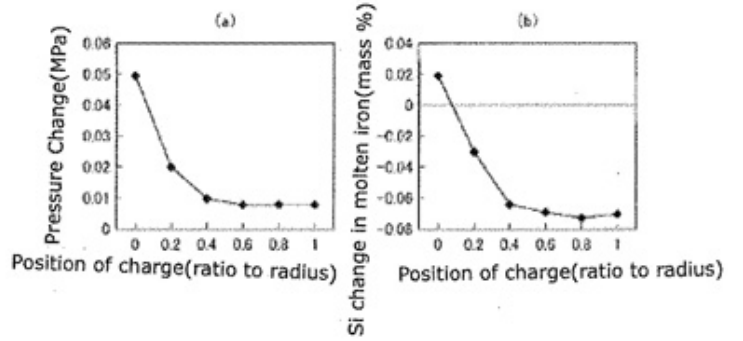
【图7】



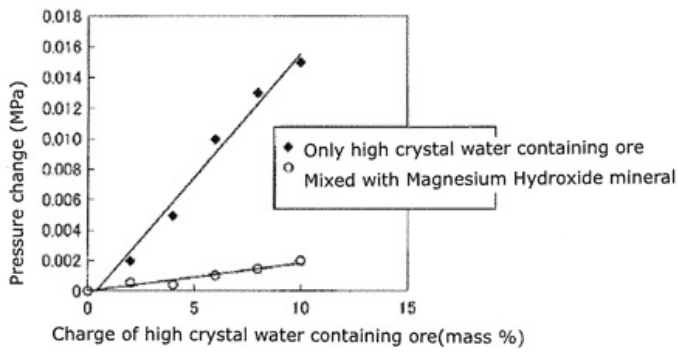
【图6】



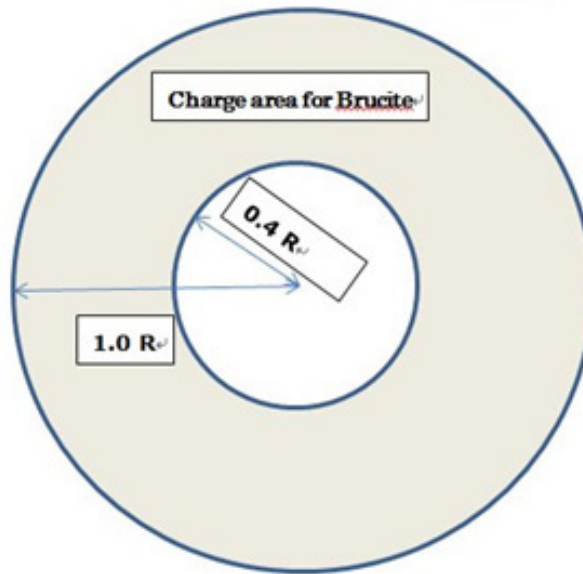
【图8】



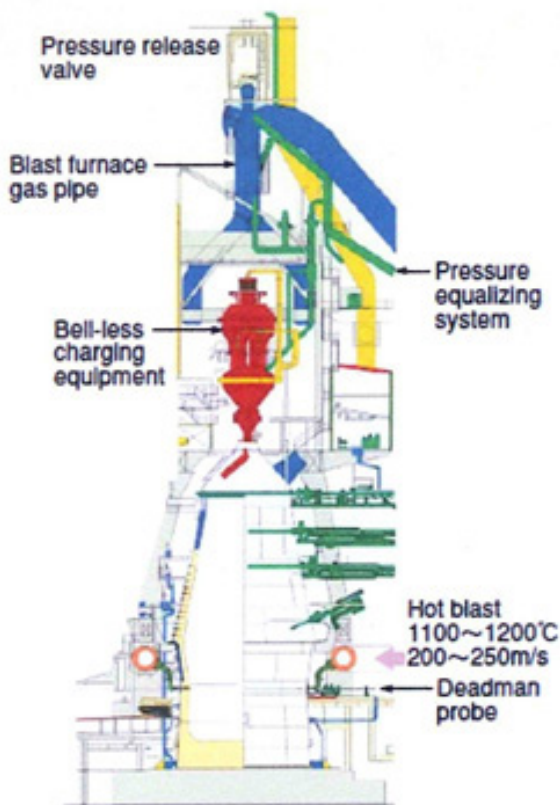
【图9】



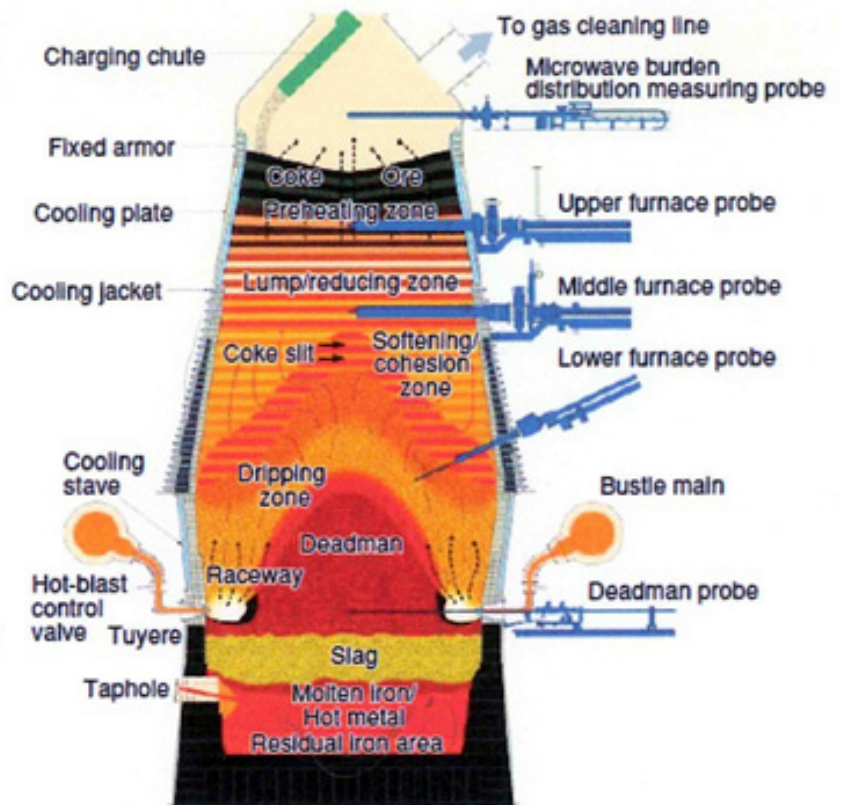
Recommended charge area of Brucite



Cross section of Blast Furnace

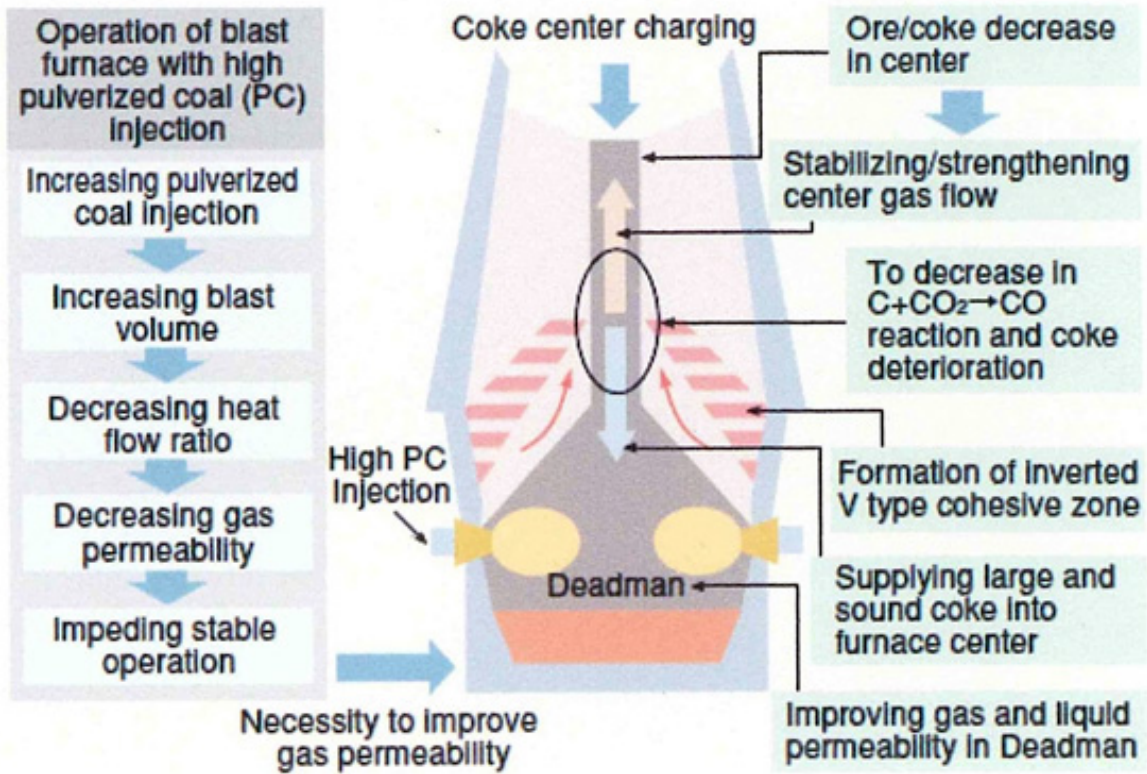


a. General view of blast furnace



b. Internal Cross Section of Blast Furnace

General configuration of blast furnace and internal cross section



High PC injection and coke center charging

