

Возрождение технологии термовакuumной (вакуумной дуговой) дегазации

Технология термовакuumной дегазации (vacuum heating degassing, VHD) – вакуумно-дуговой дегазации (vacuum arc degassing, VAD) – была внедрена в практику сталеплавильного производства более 40 лет назад. Имеет ли смысл в настоящее время инвестировать средства в возрождение этой промышленной технологии? В данной статье рассмотрены инженерные аспекты агрегатов VHD. Металлургические вопросы основаны на опыте эксплуатации и сведениях о работе действующих до настоящего времени промышленных агрегатов VHD. Конструктивные усовершенствования повышают конкурентоспособность агрегатов VHD и превращают их в полезную и современную альтернативу агрегатам печь-ковш и оборудованию для вакуумной дегазации.

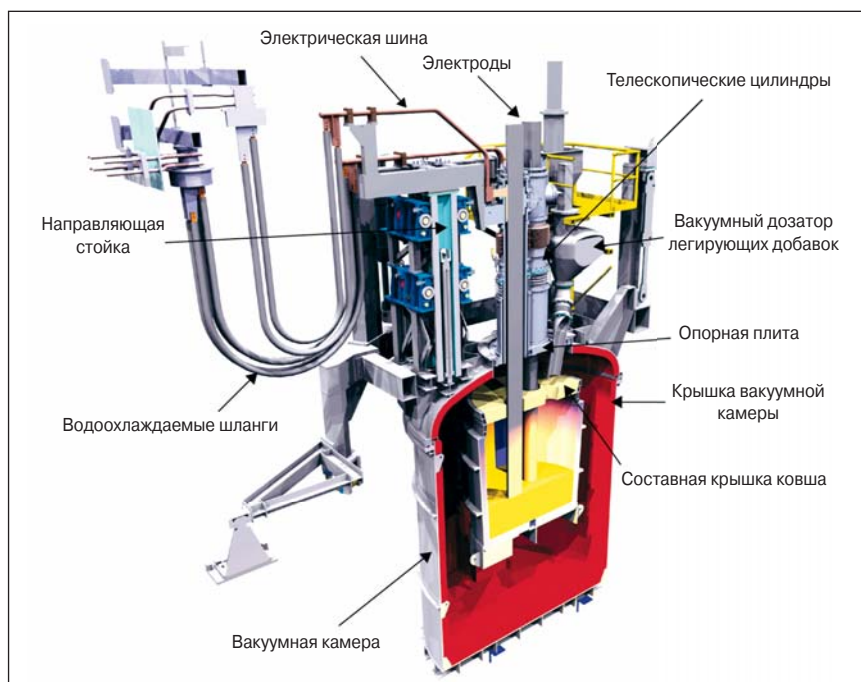


Рис. 1. Схема типовой установки VHD

Введение

Разработка технологии вакуумно-дуговой дегазации (VAD) была начата фирмой A. Finkl & Sons, США, в 1964 г. Затем было выполнено экспериментальное исследование технологии, а в 1970 г. получен первый патент. Большая часть агрегатов VAD была сооружена на заводах разных стран мира в период 1970–1990 гг. В те годы в сочетании с конвертером или электродуговой печью процесс VHD благодаря своей производственной гибкости мог удовлетворить все требования, связанные с достижением высокой производительности на действующем оборудовании и с желаемым положительным эффектом обработки жидкой стали. В настоящее время примерно восемь агрегатов термовакuumной дегазации (VHD) все еще находятся в эксплуатации в разных странах. Один из таких агрегатов действует на заводе в Китае.

Основной причиной снижения интереса за последние годы к процессу VHD является совершенствование конструкции конкурирующих с ним установок печь-ковш и оптимизация технологии их использования. Однако

австрийская компания Inteco special melting technologies начала исследования процесса VHD с целью его усовершенствования и возрождения интереса заказчиков к этой технологии, разработанной более 40 лет назад и применявшейся на многих металлургических заводах мира.

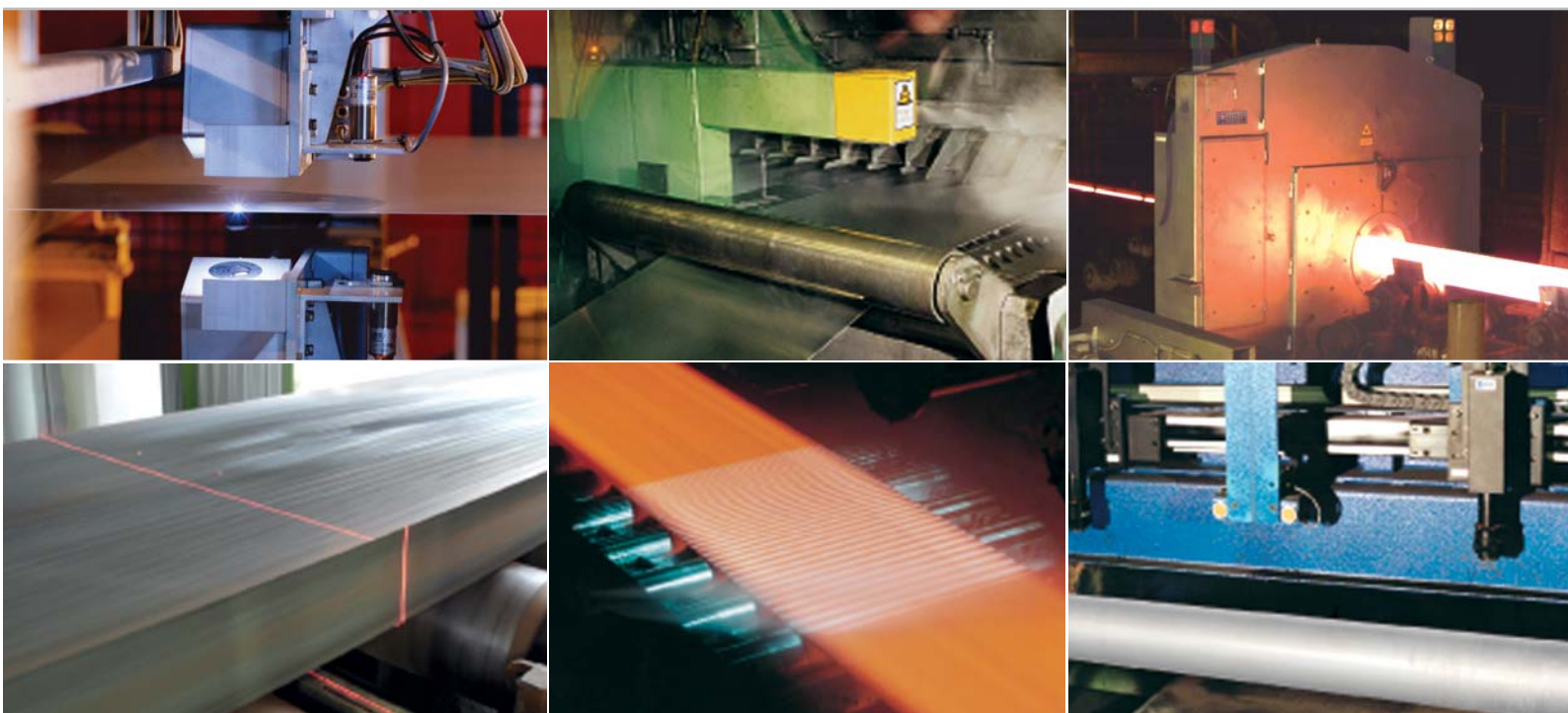
Основы процесса VHD

Технологию VHD можно использовать при различной последовательности металлургических процессов, выбор которых предопределен поставленными металлургическими задачами и исходными условиями, характерными для данного предприятия. Процесс VHD позволяет повысить качество металла путем обработки в ковше плавки массой от 15 до 200 т. Нагрев, дегазация, обработка шлаком и регулирование содержания легирующих элементов производится непрерывно в условиях вакуума. Герметизированные установки для обработки стали в сочетании с паровыми эжекционными вакуумными насосами являются решением, благоприятно воздействующим на окружающую среду.

Йоханнес Обитц, Дитер Брюк, Рональд Кристл Inteco special melting technologies GmbH, Bruck a.d. Mur, Австрия

Контакт: www.inteco.at
E-mail: inteco.austria@inteco.at

Ваша задача по измерению – наша измерительная техника



Повышайте качество Вашей продукции!

Наши высокоточные рентгеновские, радиоизотопные и оптические измерительные системы для черной и цветной металлургии значительно увеличат эффективность Ваших установок.

Мы специализируемся на решении задач, связанных с измерениями!

IMS Service LLC

Ул. Кирова 159, офис 710
454091 Челябинск
Россия

Бесконтактными измерительными системами фирмы IMS определяются в условиях непрерывной прокатки следующие параметры:

- толщина и профиль толщины
- клин и выпуклость
- утонение кромки
- плоскостность и гладкость
- ширина и положение материала
- размеры и геометрия
- дефекты кромки и дыры
- внутренние дефекты полосы
- толщина стенки трубы и эксцентриситет
- диаметр и овальность
- толщина и профиль покрытия
- температура и поперечный профиль температуры
- скорость и длина

Наши услуги – обеспечат Вам успех!



толщина



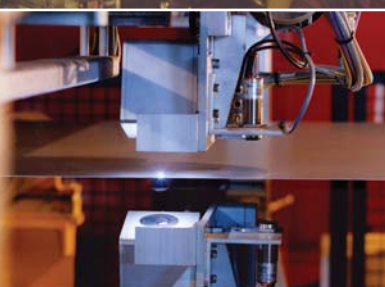
плоскость (TopPlan)



ширина



труба



покрытие



размеры

IMS – это специалисты для профессионального сотрудничества на партнерской основе

Мы гарантируем Вам надежную работу и точность измерений.

Мы предлагаем:

- Индивидуальные консультации
- Инжиниринговые услуги
- Монтажные и пусконаладочные работы
- Обучение
- Комплексное сервисное обслуживание
- Долгосрочное обслуживание заказчиков

Мы работаем по всему миру, в Европе, Америке и Азии. Близость к нашим заказчикам способствует первоклассному сотрудничеству с поддержкой на местах при международных проектах.

IMS является Вашим партнером для инновационных разработок в промышленной измерительной технике.

Преимущества процесса VHD.

По сравнению с другими процессами вторичной металлургии важнейшими преимуществами процесса электро-дугового нагрева под вакуумом можно считать следующие:

- более низкая температура выпуска плавки и, следовательно, более длительный срок службы огнеупорной футеровки как в электро-дуговой печи, так и в ковше;
- возможность внесения большего количества легирующих элементов под вакуумом;
- сокращение времени от выпуска до выпуска плавки, повышение производительности цеха и сокращение расходов по переделу.

Обработка стали под вакуумом может продолжаться столько времени, сколько это необходимо для достижения минимально возможного содержания газов в ней и доводки плавки. Возможность удлинения цикла обработки позволяет сталеплави́льщикам выдерживать ковш в позиции вакуумно-дугового нагрева при возникновении проблем на участке разливки.

Описание технологического процесса. Жидкую сталь разливают в стандартный ковш с высотой свободного борта 500–800 мм. Цеховым мостовым краном ковш переносится в вакуумную камеру, имеющую крышку, поддерживаемую тремя гидравлическими цилиндрами на подъемной раме. В центре крышки установлены три регулируемых электрода.

Вакуум в камере создается многоступенчатым пароструйным эжекторным насосом (в качестве альтернативы можно применять механический вакуумный насос). Во время обработки плавки через днище ковша подается инертный газ, обеспечивающий циркуляцию стального расплава. По достижении требуемого вакуума электроды устанавливаются в нужной позиции над ванной расплава, и электрическая цепь замыкается.

Графитовые электроды установлены в герметичных телескопических корпусах. Обычно нет необходимости регулировать расстояние между электродами и зеркалом ванны, так как в условиях вакуума электрическая дуга горит дольше. В результате электроды дольше сохраняют высокое качество, так как они не контактируют с жид-



Рис. 2. Схема системы перемещения и подъема крышки вакуумной камеры

ким металлом или шлаком и не окисляются атмосферным кислородом.

Энергия, поступающая в расплав от электрической дуги, предотвращает тепловые потери. Над электрической дугой в вакуумной камере возникает защитная тепловая зона, предотвращающая чрезмерный нагрев крышки камеры. Энергия, поступающая на поверхность расплавленного металла, разгоняет шлак в стороны и позволяет газам легко выходить из расплава. Обработка плавки заканчивается после того, как состав расплава достигнет соответствия металлургическим требованиям, а содержание газов снизится до необходимого уровня.

Дальнейшее совершенствование вакуумно-дуговой нагревательной системы, как отмечалось выше, является следующим важным шагом на пути развития процесса ковшового вакуумирования. Возможность ввода дополнительного тепла в металл под вакуумом позволяет продолжать процесс так долго, как это требуется сталеплави́льщикам, чтобы максимально использовать все преимущества вакуумной металлургии.

Проектирование и сооружение агрегатов VHD

Проекты оборудования для проведения процессов вторичной металлур-

гии разрабатывают с учетом множества факторов, важнейшими из которых являются генеральный план предприятия, схема грузопотоков и степень использования.

Оборудование для процессов вторичной металлургии должно быть интегрировано в структуру и генплан действующего предприятия черной металлургии. Размеры ковша, шаг колонн и высота установки мостовых кранов — все эти факторы также налагают ограничения на планировку оборудования для процессов вторичной металлургии. Данное оборудование должно быть интегрировано в существующую схему логистики и материальных грузопотоков. Длительность рабочих циклов предшествующих и последующих агрегатов также играет важную роль при проектировании отдельных компонентов оборудования вторичной металлургии.

Высокая готовность оборудования к работе, определяющая степень его использования, — один из важнейших факторов, которые принимаются во внимание при конструировании агрегатов и строительстве цеха. Степень готовности к использованию механического и электрического оборудования, которую можно прогнозировать с высокой точностью, служит показателем правильного конструирования и



Рис. 3. Схема подъема электродов

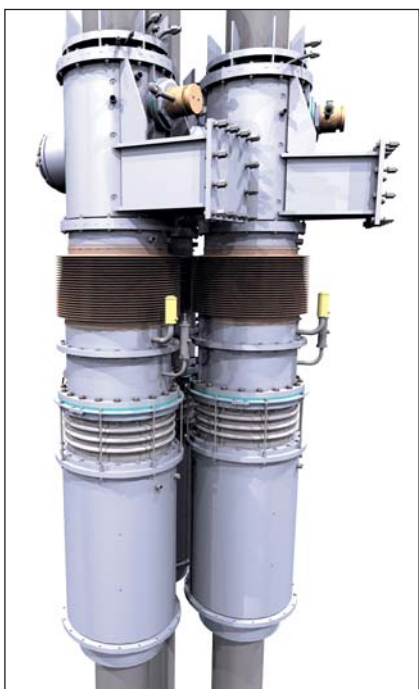


Рис. 4. Телескопические цилиндры для уплотнения вводов электродов

наличия достаточного опыта владельцев предприятия по эксплуатации подобного оборудования.

Основные узлы типового агрегата VHD показаны на рис. 1. Концепция блочной (модульной) конструкции хорошо зарекомендовала себя при разработке оборудования различного назначения. Каждый модуль включает ряд взаимодействующих компонентов, которые можно считать независимыми функциональными группами, являющимися частями единого агрегата. Поэтому конструирование подобных агрегатов предусматривает выбор соответствующих модулей и их наилучшее объединение для выполнения конкретных задач.

Перемещение вакуумной камеры.

Систему перемещения вакуумной камеры с помощью передаточной тележки используют в случаях, когда камера находится вне зоны действия цеховых мостовых кранов или при сочетании агрегатов VHD и VD/VOD. Цеховые мостовые краны устанавливают каждый ковш на опоры внутри вакуумной камеры. Затем тележка с камерой и ковшом перемещается под крышку камеры. Крышка опускается на фланцы камеры с вакуумными уплотнениями. Конструкция передаточной тележки для перемещения вакуумной камеры выполнена в соответствии с размерами ковша.

Система перемещения крышки.

Система перемещения и подъема крышки камеры (рис. 2) применяется при использовании стационарных вакуумных камер. После установки цеховым мостовым краном ковша в камере крышка вместе с системой электродов перемещается в позицию над вакуумной камерой с помощью механизма перемещения. Затем с помощью механизма подъема-опускания крышка устанавливается на фланцы камеры. Для перемещения крышки применяют электромеханические, а также гидравлические приводы.

В прошлом системы подъема крышки были оборудованы в основном гидравлическими приводами, прямо или косвенно связанными с подъемным механизмом. Большинство систем имели три цилиндра, ход которых синхронизировался посредством измерительных и пропорциональных клапанов. Однако на некоторых заводах к гидравлическим системам относились как к постоянной аварийной угрозе в цехе. В связи с этим конструкторы были вынуждены искать более безопасные решения. В результате получили развитие две следующие электромеханические концепции.

Система с противовесом является альтернативой системе гидравлического подъема крышки. Подъем и опускание выполняются редукторным приводом, а также цепным устройством со звездочкой, передающим движение через полый вал, расположенный перпендикулярно направлению перемещения тележки с крышкой камеры.

Через звездочки, расположенные на обоих концах полого вала, переброшены цепи, к концам которых подвешен противовес. Кронштейны крышки вакуумной камеры размещены на поперечных балках, которые закреплены на подъемном механизме. Использование противовесов позволяет значительно уменьшить требуемую мощность электропривода подъемного механизма, поскольку при расчете мощности учитывается не масса крышки, а только потери на трение и инерцию масс. Противовес является сравнительно простым техническим решением, преимущества которого особенно заметны при небольших усилиях закрывания крышки и в короткоходных механизмах.

Подъем с помощью шпинделя является эффективной концепцией при больших усилиях закрывания крышки и для длинноходных механизмов. От центрального привода через карданные валы и конические зубчатые передачи приводится во вращение шпиндель, выполняющий подъем и опускание крышки. Шпиндели рассчитаны на более высокие нагрузки и обладают дополнительной механической надежностью. Синхронизация системы осуществляется механически в корпусе шпиндельной головки. В этом случае не требуется резервировать площади для гидроустановки.

Система электродов.

Для выполнения разделенных во времени операций подъема крышки и позиционирования электродов применяется обычная маслогидравлическая система с плунжерным цилиндром, работающим под давлением до 160 бар. Плунжерный цилиндр с направляющей рамой непосредственно перемещает опорный рычаг вместе с телескопическим трубчатым (цилиндрическим) корпусом. Длина хода этой системы составляет примерно 1600 мм (рис. 3).

В качестве альтернативного решения для позиционирования электродов может быть применен стандартный гидравлический цилиндр. Этот гидроцилиндр перемещает держатель по направляющим стойкам, закрепленным на крышке вакуумной камеры. Ход электрода при этом может быть увеличен примерно до 2500 мм.

Опыт в металлургии. Для более чистой окружающей среды.



Компания ANDRITZ METALS предлагает системы регенерации соляной кислоты из отработанных травильных растворов, основанные на современных и опробованных процессах, обеспечивающих надежную работу в соответствии с наивысшим стандартом качества регенерированной кислоты. Наши системы регенерации беспечивают возврат кислоты более 99 %, что позволяет уверенно использовать регенериро-

ванную кислоту в Вашем травильном агрегате без образования сточных вод и с получением высокочистого оксида железа в качестве сопутствующего продукта.

Наш процесс характеризуется низким потреблением газа и удовлетворяет наиболее жестким экологическим требованиям.

Компания ANDRITZ METALS осуществляет поставки "под ключ" промышленных линий и печей для производ-

ства и последующей обработки рулонов холоднокатаной углеродистой стали, коррозионностойкой стали и полосы из цветных металлов. ANDRITZ METALS предоставляет из одних рук полный набор услуг для создания технологического процесса производства стальной полосы (механическое, технологическое и электрическое оборудование, автоматизация и техническое обслуживание).

Конструкция опорной плиты из коррозионностойкой стали для крепления телескопических цилиндрических корпусов при таком варианте требует изменений для обеспечения надежной циркуляции охлаждающей воды. Кроме того, необходимо модифицирование системы уплотнений корпусов для облегчения технического обслуживания.

Аналогичную направляющую систему применяют и в случае использования электромеханических лебедок. Сигнал, поданный контроллером электродов, поступает в привод с регулируемой частотой вращения, связанный с лебедкой механизма подъема и опускания электродов. Направление и скорость перемещения зависят от интенсивности магнитного поля, возбуждаемого в контуре двигателя. Лебедки могут быть использованы в сочетании с другими приспособлениями и устройствами, применяемыми в сталеплавильном цехе. Лебедку можно установить над крышкой вакуумной камеры или на полу цеха. При использовании лебедок не требуется резервировать площади для гидроустановки.

Телескопические цилиндрические корпуса. Система телескопических цилиндрических корпусов хорошо зарекомендовала себя для уплотнения электродов на многих установках VHD с трансформаторами мощностью до 24 МВА и диаметром электродов до 450 мм. В новейшем варианте конструкции (рис. 4) внешний цилиндр закреплен, а внутренний установлен в зажиме электрода. Такая конструкция сочетается с любой из описанных выше систем подъема электродов.

В ходе последней модернизации с целью повышения готовности системы к эксплуатации и сокращения продолжительности технического обслуживания телескопическое уплотнение было снабжено устройством для автоматической смазки. Для защиты от пыли поверхность внутреннего цилиндра предохраняют тканями компенсаторами. Эти усовершенствования — смазочное устройство и компенсаторы из ткани — предложены фирмой Inteco.

Электроподводящие шины и опоры. Контактные зажимы соеди-

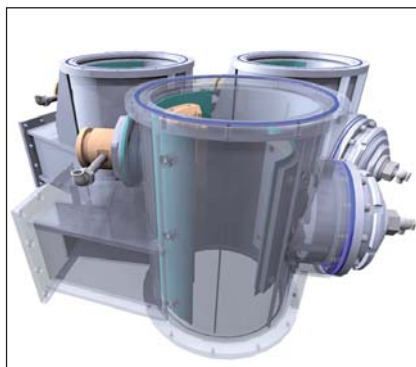


Рис. 5. Контактный зажим

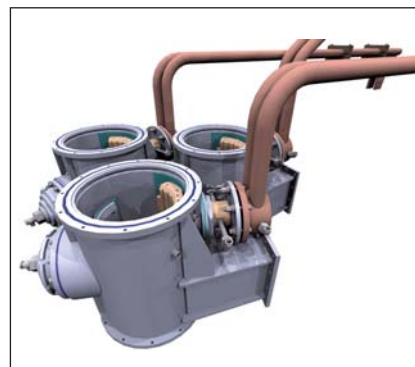


Рис. 6. Контактные головки

	Агрегаты VHD (VAD)	Установка LF
Продолжительность обработки, мин	20	40–60
Скачивание шлака	Меньше, чем в LF	Требуется стэнд
Расход аргона	1/3 от LF	1/1
Шлак (десульфурация)	Десульфурация до 0,005 ppm	Вспененный шлак 300 мм
Раскисление	В вакууме	Синтетическим шлаком + Al
Защита от пыли	Не требуется	Требуется
Поглощение водорода	Отсутствует	0,45–0,6 ppm/ч
Тепловая мощность	Высокая	–50% от VHD

Таблица 1. Сравнение цехов с агрегатами VHD (VAD) и установкой печь-ковш (LF)

нены с трубчатыми токопроводами, установленными на опорах (рис. 5). Размеры и число трубчатых токопроводов зависят от типа трансформатора и параметров вторичного тока. На современных электродуговых печах исследуют возможность применения нового конструктивного решения — опор с медным покрытием.

Контактные головки. Контактная головка (рис. 6) состоит из двухслойного корпуса с водяным охлаждением между слоями, который соединяется с подъемным рычагом. Регулировочная муфта, предназначенная для болтового соединения непосредственно на печи с соответствующим рычагом электрододержателя, устанавливается на присоединительной стороне контактной головки. Контактный зажим представляет собой кованую медную деталь с каналами системы охлаждения, что обеспечивает хорошую теплопроводность. Вода для охлаждения контактного зажима подается через фланцевое соединение, гарантируя надежную подачу тока через контактный зажим к электродам.

Выводы

Новейшие конструктивные усовершенствования повышают конкурентоспособность агрегатов VHD, которые становятся эффективной и современной альтернативой установкам печь-ковш и вакуумной дегазации. Удачное сочетание современной промышленной технологии и достигаемых металлургических результатов может оказаться решающим фактором в пользу агрегата VHD.

В будущем особое внимание следует уделить именно металлургическим характеристикам. Цель модернизации компоновки предприятия сводится не только к достижению показателей, приведенных в табл. 1, но и к улучшению их, при одновременном повышении степени использования оборудования. ■

Библиографический список

- [1] Proceedings of the third international VAD/VOD conference, Aachen, Germany, October 1986
- [2] China Special Steel Conference, Huangshi City, China, October 2010