

Следующим шагом является генерация расчетной сетки. FlowVision использует прямоугольную адаптивную локально измельченную сетку (АЛИС) для решения уравнений математической модели. Возможность адаптации этой сетки позволяет разрешать малые детали геометрии расчетной области и высокие градиенты рассчитываемых величин.

Сущность технологии АЛИС заключается в следующем. Во всей расчетной области вводится прямоугольная сетка. Выделяются подобласти с особенностями геометрии или течения, в которых необходимо провести расчет на более мелкой, чем исходная, сетке. При этом расчетная ячейка, в которую попала выделяемая особенность, делится на восемь равных ячеек. Далее, если необходимо, ячейки делятся еще раз и так до достижения необходимой точности. Ячейки начальной сетки называются ячейками уровня 0, ячейки, получаемые измельчением уровня 0, называются ячейками уровня 1 и т.д. При генерации АЛИС накладывается условие, что гранями и ребрами могут граничить друг с другом только ячейки с номерами уровней, отличающимися не более чем на единицу.

Далее задаются параметры метода численного моделирования, программный комплекс FlowVision проводит расчет, после чего просматриваются результаты расчета в графической форме («визуализация» результатов расчета).

Заключительным шагом процесса математического моделирования является оценка точности расчетов. Следует отметить, что всегда необходимо контролировать характеристики течения, которые могут быть известны хотя бы предположительно (перепады давлений, максимальная температура, плотность). Очень часто бывает, что такой контроль позволяет оценить точность получаемого решения без использования трудоемких способов.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

© М.А. Пшеничный, О.В. Матюхин, 2012

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Металлургические предприятия относятся к числу наиболее крупных народнохозяйственных объектов, в значительной степени определяющих уровень экономического развития России. Из всего многообразия техногенных образований, получаемых в металлургическом производстве, основной объем 80 % от общего количества твердых промышленных отходов (ТПО) составляют шлаковые отвалы. Переработка шлаков определяет практическую сущность организации безотходного металлургического производства.

В России в шлаковых отвалах накоплено 800 млн т шлаков черной и цветной металлургии. Ежегодно образуется более 95 млн т шлаков в т.ч. около 79 млн т шлаков доменного, сталеплавильного, литейного и ферросплавного производств. Расположенные в городской черте шлаковые отвалы, нарушают ландшафт территорий, для размещения отвалов отчуждаются земельные угодья, вследствие протекания процессов естественного выщелачивания и выветривания ухудшается экологическая обстановка региона. Средний уровень использования промышленных отходов по стране равен всего лишь 53 %. Доля использования отходов производства в качестве вторичного сырья не превышает 11 %. В настоящее время в большинстве высокоразвитых стран использование силикатной продукции металлургических предприятий достигает 90 %. В строительной индустрии используются главным образом их вяжущие свойства.

Способов извлечения металла из жидких шлаков, опробованных в промышленных условиях, нет, поэтому металл на предприятиях извлекается только из твердых шлаков при первичной переработке их в шлаковых отделениях и при вторичной – на дробильно-сортировочных установках. Переработка жидких шлаков с точки зрения возможности

максимального извлечения металла имеет неоспоримые преимущества перед технологией переработки твердых шлаков.

Но нельзя забывать о способах переработки шлаков не только для получения металлов с помощью вторичной переработки. Жидкие шлаки, безусловно, являются перспективными по сравнению с отвальными. Количество теплоты, которое теряет производство при охлаждении шлаков, является огромным. По тепловому балансу получено, что около 30–40 % тепла как раз таки получаем при использовании жидких шлаков. И при производстве минеральной ваты необходимо всего лишь догреть жидкий шлак до данной температуры, а не тратиться на нагрев уже остывшего шлака. Экономия топлива, средств, времени на лицо. Важно также отметить и объемы производства. При использовании уже расплавленного шлака объем готовой продукции будет превышать в 4–5 раз по сравнению с выпуском продукции при использовании отвальных шлаков.

Производство минеральной ваты перспективно, т.к. утилизация шлаков является открытой проблемой и в ней заинтересованы все заводы и комбинаты. Это один из эффективных способов позволяет открыть новые возможности на производстве.

Существующая технология получения цветных металлов пирометаллургическим способом сопровождается получением значительного количества жидких шлаков. Так, при отражательной плавке медных концентратов с 10–16 % меди, выход шлаков составляет 10–20 т металла, а при шахтной плавке рудных компонентов с содержанием 1–2% меди их количество возрастает до 100–200 т шлака на 1 т металла. При КПД плавильных агрегатов около 30–40 % физическое тепло шлаков может составлять до 30 % от общего прихода тепла.

Отличительной особенностью шлаков медной промышленности является повышенное содержание железа и кремния. В большинстве случаев этот расплав можно представить как смесь небольшого количества оксидов с ферросиликатами. Его образцы содержат 30–36 % SiO_2 ; 50–55 % FeO ; 4–6 % Al_2O_3 ; 0,3–0,6 % Cu ; S – до 1,5 %. Низкое содержание меди ограничивают его последующего использования в металлургическом переделе. В редких случаях такие шлаки применяют в качестве добавки для промывочной плавки.

Способы получения минеральной ваты

Минеральную вату получают, воздействуя энергоносителем (газообразным или механическим) на струю силикатного расплава. Высокая температура расплава и большие скорости протекания процессов волокнообразования затрудняют его изучение. Последнее, по-видимому, являлось причиной того, что долгое время не было четких представлений о механизме формирования волокон.

Большинство из гипотез волокнообразования базируются на представлении о способности силикатного расплава в некотором интервале вязкости вытягиваться в волокна. Г.Ф. Тобольский показал, что основным фактором в процессе формирования волокон является не вытяжка, а распад струи расплава на элементарные струйки, их фонтанирование из капель при соударении с энергоносителем. При этом вытяжка волокна играет второстепенную роль.

Так как формирование волокон определяется условиями распада струи расплава, то очевидно, что свойства минеральной ваты в значительной степени определяются способом ее получения. Существуют три основных способа производства волокна из силикатного расплава: дутьевой, центробежный и комбинированный.

Наиболее известный дутьевой способ подразделяется на горизонтально-дутьевой и вертикально-дутьевой. В первом случае энергоноситель направляют на струю расплава диаметром 7–10 мм под углом 15–200° к горизонтали, во втором – на струю диаметром до 3 мм сверху вниз под углом 10–110° к вертикали.

При центробежных способах получение волокон из расплава осуществляется механическими средствами – одно-, двух- и многоступенчатыми центрифугами.

И, наконец, комбинированные способы включают переработку расплава совмещенными приемами, обычно центробежным и дутьевым.

Наряду с приведенными схемами существует много разновидностей, не имеющих принципиальных отличий от описанных. Наиболее простой и прежде широко распространенный дутьевой способ уступает место центробежным и комбинированным способам, позволяющим получить качественную минеральную вату.

Из центробежных способов наиболее простым является однодисковый. Струя расплава, попадая в канавку на краю горизонтально вращающегося диска, смачивает его, вовлекается во вращение и под действием центробежных сил сбрасывается с кромки диска, расщепляясь при этом на струйки, затвердевающие в виде волокон. Этот способ, обеспечивая высокое качество продукции, не нашел широкого применения из-за малой производительности – до 350 кг/ч. Однако этот недостаток может быть устранен путем ускорения вращения центрифуги. Как показали исследования, производительность диска пропорциональна квадрату его линейной скорости.

Многовалковые центрифуги с центральной распределенной чашей применяются в США и Франции и позволяют получать 2 т и более минеральной ваты в 1 ч с выходом до 90 % волокна из расплава. В СССР нашли применение вертикальные многовалковые центрифуги. Первый валок, вращающийся со сравнительно небольшой скоростью, отбрасывает весь расплав в виде струек и брызг на боковую поверхность валка, которые перерабатывает часть расплава в волокно, а часть передает на третий и четвертый валки, завершающие технологический процесс.

Наибольшее распространение получил центрабежно-дутьевой способ фирмы «Стиллит-Франсез». Внедрение его на отечественных заводах началось в 1961 г. Способ заключается в том, что расплав, поданный на вращающуюся водоохлаждаемую чашу центрифуги, сбрасывается с ее кромки в виде пленок, струй и капель, которые, подвергаясь воздействию энергоносителя, расщепляются на элементарные струйки, затвердевающие в виде волокон. Такие центрифуги просты в эксплуатации и позволяют перерабатывать до 2–2,5 т расплава в 1 ч с выходом волокна до 80 %. Расход пара или воздуха при этом должен быть в пределах 1,2–1,4 т на 1 т ваты.

Весьма перспективным является фильерно-центробежный способ с газовым отдувом, разработанный фирмой «Сен-Гобен». Расплава из вращающегося подогреваемого фильерного барабана выбрасывается в виде тонких струек, которые раздуваются в волокно горячими газами из кольцевой горелки-сопла. Этот способ позволяет получить вату с волокнами диаметром 1–2 мкм, не содержащую корольков, но вследствие невысокой стойкости фильерного барабана и сравнительно небольшой его производительности способ широко не применяется.

Выбор технологической схемы производства минеральной ваты и изделий из нее

Комплекс агрегатов для производства минераловатных изделий на основе расплавленных шлаков (рис. 1) включает в себя приемную воронку расплавленного шлака установка, которой желательна для каждой печи в отдельности, шлакоприемную печь производительностью до 50 тыс. т год, участок волокнообразования с выходной производительностью от 200 до 6000 кг/ч, одно или многовалковую центрифугу, камеру волокноосаждения с маятниковым раскладчиком и оборудования для получения готовой продукции.

Расплавленный шлак в ковшах поступает из плавильного отделения в цех производства теплоизоляции и сливается в приемную воронку, расположенную с наружной стороны здания вблизи торцевой стены. Для восприятия механической нагрузки от насыпи железной дороги ее необходимо усилить.

На завершающей стадии получения теплоизоляционной продукции используются всевозможные транспортеры для перемещения минеральной ваты, транспортер взвешивания, гофрировщик, подпрессовщик, камеру полимеризации, линию для приклеивания обкладного материала, группу пил для обрезки кромок, продольного и поперечного реза минераловатного ковра. При производстве рулонов требуется установка рулонатора. Для приготовления жидкого связующего применяется система его подготовки. Для упаковки

The diagram illustrates a waste-to-energy plant layout. Key components include:

- 27**: Raw material storage silos at the top left.
- 26**: Three large conical piles of material.
- 1**: A conveyor system with a pulley and motor.
- 2, 3, 4, 5, 6**: A large mechanical unit, possibly a feeder or crusher.
- 7, 8**: A hopper or storage bin.
- 9**: A large rectangular processing chamber.
- 10, 11, 12**: Internal components of the processing chamber.
- 13**: A conveyor belt exiting the chamber.
- 14**: A valve or control point.
- 15, 16**: A pump or motor unit.
- 17**: A tall vertical stack or chimney.
- 18**: A conveyor belt.
- 19, 20**: A conveyor system with rollers.
- 21**: A conveyor belt.
- 22, 23**: A conveyor system with a vertical lift.
- 24**: A large dashed box containing a complex network of pipes and storage tanks.
- 25**: A dashed box containing three vertical storage tanks.
- 28**: Four vertical pipes or nozzles.
- 29**: A conveyor system leading to a truck.

1 – ковш со шлаком; 2 – чугунный желоб; 3 – труба; 4 – шлакоприемная печь; 5 – фидер; 6 – труба отвода газов из фидера; 7 – желоб; 8 – центрифуга; 9 – камера волоконосаждения; 10 – сетчатый транспортер; 11 – зонт; 12 – выравнивающий валик; 13 – ролик очистки транспортера; 14 – удаление пыли; 15 – фильтр; 16 – дымосос; 17 труба; 18 – раскладчик; 19 – гофрировщик; 20 – печь полимеризации; 21 – камера охлаждения изделий; 22 – участок пил; 23 – упаковка изделий; 24 – подготовка связующего; 25 – брикетирование твердых отходов; 26 – склад сыпучих материалов; 27 – бункера; 28 – подачу связующего на центрифугу; 29 – удаление обрезков

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

113