

В.П. КРАВЧЕНКО

(Украина, Мариуполь, ПАО "ММК им. Ильича")

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ

Автором выполнена актуальная научно-практическая работа, которая заключается в установлении закономерностей влияния тонкодисперсного измельчения на эффективность процессов повышения гидравлической активности доменных шлаков в зависимости от гранулометрических и фракционных характеристик выходного материала.

Для достижения поставленной в работе цели: повышение гидравлической активности доменных шлаков до уровня активности портландцементов (ПЦ), было проведено тонкодисперсное измельчение доменных граншлаков в струйной установке с получением широкого спектра тонкодисперсных фракций. Такое измельчение проводилось согласно идее данной исследовательской работы: гидравлическая активность доменных шлаков может быть повышена путем формирования при дисперсном измельчении определенной гранулометрической структуры с максимумом распределения частиц по крупности в определенном размерном интервале зерен высокой реакционной способности.

По данным исследования [1] установлена зависимость гидравлической активности доменных шлаков от степени их измельчения. Но удельная поверхность измельченного доменного шлака как и его активность, нельзя рассматривать в отрыве от гранулометрических характеристик дисперсной системы, которые являются важнейшей характеристикой измельченного материала. В работе [2] автором в табличном и графическом отображении получена полная гранулометрическая картина различных проб шлака, соответствующую интегральным и дифференциальным функциям распределения по крупности. При этом установлено, что увеличение степени измельчения (удельная поверхность) изменяет гранулометрическую картину, сдвигая максимум содержания частиц в сторону мелких зерен, т.е. имеет место своего рода гранулометрическое "обогащение".

Как было установлено [1], увеличение дисперсности порошков доменных шлаков положительно сказывается на их гидравлической активности. Изменение тонины помола оказывает влияние на гранулометрический состав порошков доменного шлака. Имея представление о зерновом составе различных фракций порошков доменных шлаков [2, 3], исследуем изменение активности доменных шлаков в зависимости от преобразования грансостава: размера зерна, распределения классов крупности в зерновом ряду.

Известно, что разные фракции, например, цементного порошка по-разному влияют на прочность цементного камня. Некоторые исследователи рекомендуют характеризовать активность вяжущего не только по удельной поверхности

порошка, но и по зерновому составу.

А.Н. Иванов-Городов полагает, что оптимальным, например, для цемента следующий зерновой состав: зерен мельче 5 мкм – не более 20%, зерен размерами 5-20 мкм – 40...45%, зерен размерами 20-40 мкм – 20...25%, а зерен крупнее 40 мкм – 15...20% [4].

В данном исследовании при струйном помоле доменных шлаков в отличие от шарового был получен продукт более узкой гранулометрии. Зерновой состав дисперсных порошков шлака струйного помола (ПСМ-шлаки), показавшие высокую активность ($\sigma = 300 \text{ кг/см}^2$), содержал до 95% зерна размером 6-12 мкм, зерна размером 12-40 мкм – 2,7 % [2, 3]. Продукт шарового помола граншлака (ТГШ), активность которого составила 100-140 кг/см^2 , содержал более широкий размерный зерновой ряд: 46% составляли зерна размером 5-20 мкм, 36% – зерна размером 20-30 мкм [2, 3]. При этом 99,5% зерен ТГШ и ПСМ-шлаки имели размер менее 45 мкм.

Согласно авторам [5], измельчая один и тот же клинкер и соответственно изменяя долю частиц размером 5-20 мкм в общей массе вяжущего можно получить высокомарочные цементы (М 600, М 700). Авторы [5-7] утверждают, что для повышения активности вяжущего, необходимо получение измельченного материала узкой гранулометрии с активным размерным диапазоном зерен. В результате данного исследования был установлен активный размерный ряд зерен (менее 20 мкм) для доменных граншлаков, который был получен тонкодисперсным измельчением доменных граншлаков (ТГШ) в струйной установке.

Из табл. 1 видно, что при дисперсном измельчении доменных шлаков уменьшение шлакового зерна сопровождается ростом удельной поверхности.

Таблица 1

Значения величин S , d_{cp} , σ дисперсных фракций граншлака

| № | Наименование проб шлака | S , $\text{м}^2/\text{г}$ | d_{cp} , мкм | σ , кг/см^2 |
|---|-------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1 | ТГШ | 0,30 | 38,64 | 105 |
| 2 | ТГШ | 0,32 | 20,96 | 146 |
| 3 | ПСМ-шлак | 0,62 | 8,99 | 165 |
| 4 | ПСМ-шлак | 0,72 | 8,60 | 300 |

При среднем размере зерна $d_{cp} = 8,6$ мкм дисперсная фракция граншлака имеет удельную поверхность $S = 0,72 \text{ м}^2/\text{г}$ и максимальную активность $\sigma = 300 \text{ кг/см}^2$. При этом фракция имеет узкий размерный ряд зерен 6-12 мкм, составляющих 95% от общей массы пробы. Это хорошо иллюстрируется на графиках в работе [2], где максимумы содержания частиц смещены в сторону мелких зерен.

Исходя из экспериментальных результатов гранулометрических исследований и исследований активности фракций различной дисперсности методом математической статистики получены аналитические выражения зависимости от гранулометрических характеристик удельной поверхности S ($\text{м}^2/\text{г}$) и активности σ (кг/см^2):

Підготовчі процеси збагачення

$$\text{а) } \sigma = 950/\sqrt[3]{d_{cp}} - 168; \quad \text{б) } \sigma = 950/\sqrt[3]{\frac{5,46}{S-0,1}} - 168 \quad (1)$$

В табл. 2 представлены экспериментальные σ_s и расчетный по формулам (1, а, б) σ_p значения активности.

Таблица 2

Зависимость активности (σ) от гранулометрических характеристик (d_{cp}) доменных шлаков

| Показатели | Доменный шлак | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----|
| | Исходн. | ТГШ (шаровое измельчение) | | | | | ПСМ-шлаки | | |
| d_{cp} , мкм | 94,9 | 31,7 | 30,13 | 28,62 | 20,96 | 14,08 | 8,99 | 8,6 | 7,8 |
| σ_s , кг/см ² | 50 | 105 | 130 | 143 | 200 | 230 | 295 | 300 | 300 |
| $\sigma_{рас}$, кг/см ² | 40,3 | 132 | 137 | 142,6 | 176,8 | 225,4 | 289 | 295,7 | 311 |

Расчетом получены следующие значения коэффициентов: $r = 0,987$; $b = -168$; $\rho = 950$. Среднее отклонение σ_s от σ_p по (1,а,б) составило 8...10%. Это приемлемый для практики результат. Следовательно, зная гранулометрический состав измельченного доменного шлака и используя уравнения линии регрессии зависимости активности шлаков от размеров частиц или удельной поверхности по полученным формулам (1, а, б) можно определить (прогнозно оценить) гидравлическую активность шлака с точностью, допустимой в производственной практике.

На рис. 1 представлено графическое отображение зависимости активности шлаков от удельной поверхности S и размера зерна d_{cp} .

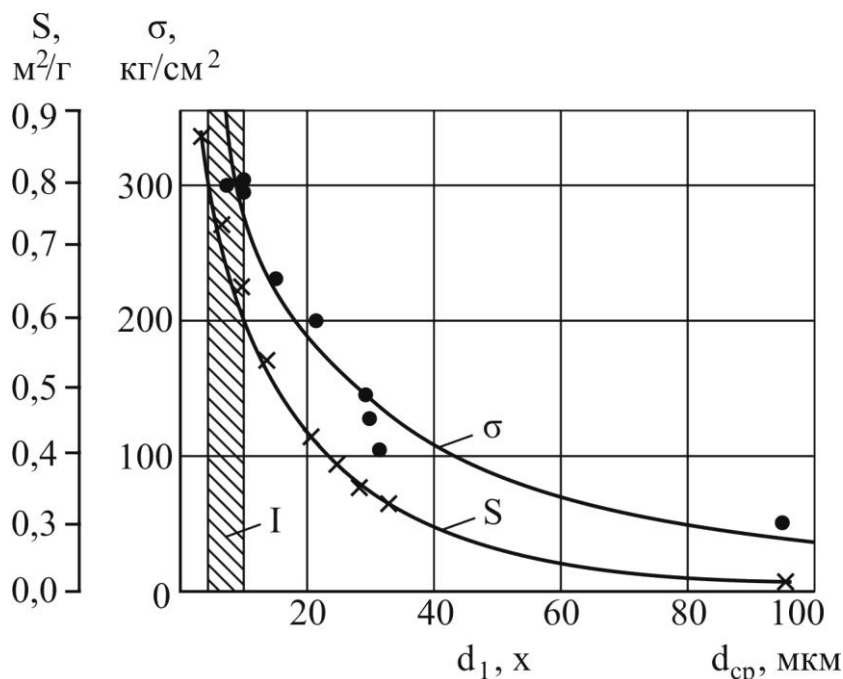


Рис. 1. Зависимость активности шлаков σ и удельной поверхности S от размера частиц d_{cp}

Параметры фракции с максимальной реакционной способностью – заштрихованная зона I:

$$d_{cp} = 6 - 12 \text{ мкм};$$

$$S = 0,7 - 0,8 \text{ м}^2/\text{г};$$

$$\sigma = 300 \text{ кг/см}^2 \text{ (30 МПа)}.$$

Активная фракция (заштрихованная зона I) имеет узкий размерный ряд зерен (6-12 мкм), для ПСМ-шлаков составляет 95% от общей измельченной массы.

В результате проведенного исследования установлено, что активность дисперсных фракций доменного граншлака определяется не только химсоставом и структурой, активирующими добавками, но и в значительной степени тонкостью помола (удельной поверхностью), сопровождающейся изменением его гранулометрического состава, в котором максимум содержания частиц смещается в сторону мелких зерен, имеющих высокую реакционную способность.

Струйное измельчение доменных граншлаков позволило получить продукт (ПСМ-шлак), имеющий гранулометрический состав, являющийся оптимальным относительно его реакционной способности. Это способствовало повышению активности дисперсных порошков доменного шлака, сравниваемых с активностью такого вяжущего материала, как цемент. Полученные результаты свидетельствуют о решении поставленных цели и задачах данного исследования.

Выводы

1. В результате исследования установлен размерный интервал зерен (6-12 мкм) для доменных шлаков, показавший максимальную активность (30 МПа), сравнимую с активностью ПЦ и составляющий 95% от общей измельченной массы шлака.

2. Полученные формулы зависимости активности шлаков от показателей дисперсности позволяют с вполне приемлемой для практики погрешностью (8-10%) проводить прогнозную оценку активности шлаков по любому из показателей дисперсности (S или d_{cp}).

Список литературы

1. Кравченко В.П., Струтинский В.А. Гидравлическая активность доменных шлаков // Сталь. – 2007. – № 1-2. – С. 94-95.
2. Кравченко В.П. Исследование влияния степени измельчения на гранулометрические характеристики доменных шлаков // Збагачення корисних копалин. Наук. техн. зб. – 2010. – Вип. 43(84). – С. 36-42.
3. Кравченко В.П., Прядко Н.С. Гранулометрические и фракционные характеристики порошков доменных шлаков // Техническая механика. – 2010. – № 4. – С. 98-110.
4. Иванов-Городов А.Н. Влияние зернового состава на прочность и морозостойкость цементных растворов // Центральный институт научной информации по строительству и архитектуре АСИС СССР, М.: 1960. – 126 с.

Підготовчі процеси збагачення

5. Липилин А.Б., Коренюгина Н.В., Векслер М.В. Селективная дезинтеграторная активация портландцемента (СДАП) // Строительные материалы. – 2007. – Июль. – С. 2-4.

6. Волженский А.В. Смешанные портландцементы повторного помола и бетоны на их основе. – М.: Гостройиздат, 1979. – 107 с.

7. Волженский А.В., Попов Л.Н. Микеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.

© Кравченко В.П., 2012

*Надійшло до редколегії 22.04.2012 р.
Рекомендовано до публікації к.т.н. К.А. Левченко*