

Р.Д. Куземко¹, В.В. Калинин², И.А. Ленцов¹, С.В. Козловцев³, А.С. Черненко²

1 – ГВУЗ ПГТУ, Мариуполь; 2 – ОНУ, Одесса; 3 – ММК им. Ильича, Мариуполь

МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ГАЗОПОРШКОВОЙ СМЕСИ В СОПЛАХ ФУРМЫ ДЛЯ ИНЖЕКЦИОННОЙ ПРОДУВКИ РАСПЛАВОВ В КОВШЕ

Важным звеном технологической схемы производства чистой стали является установка ковш – печь. Однако, до сих пор не найдены способы интенсификации перемешивания расплава и усвоения модификаторов в условиях интенсивной продувки стали порошками. Увеличение мощности истекающих струй – важнейший способ ускорения перемешивания расплава.

Цель настоящей работы – показать влияние дисперсности порошка как на скорость w_1 истечения газа из сопла на глубине h расплава в ковше, так и на давления p газа перед соплом.

В качестве примера запишем уравнение движения для твердой фазы при течении газовой смеси в цилиндрическом канале в одномерном приближении с учётом сжимаемости газа:

$$G_2 \frac{dw_2}{dx} = -\varepsilon_2 \frac{dp}{dx} + F_{12} - F_{2w} + \varepsilon_2 \rho_2 g \cos \alpha.$$

Аналогично составляли уравнения движения для газа – носителя и уравнения энергии для газа и дисперсной смеси, а так же систему замыкающих соотношений (~ 40 уравнений).

Система уравнений содержит нелинейные дифференциальные уравнения, и для её решения применили метод конечно – разностной аппроксимации.

В уравнении параметры обозначают: p – статическое давление, Па; $G_2 = \varepsilon_2 \rho_2 w_2$ – приведенный массовый расход порошка, кг/(с·м²); ρ_2 – плотность частиц, кг/м³; F_{2w} , F_{12} – потери импульса за счет взаимодействия газа и твердой фазы о стенку фурмы, а также межфазного взаимодействия, Н/м³;

w_2 – скорость частиц, м/с; ε_2 – объемная доля твердой фазы.

Задавали одно из граничных условий: $p_{o.c}$ – противодавление среды на выходе из фурмы, которое при всех режимах остается постоянным.

Настоящая модель позволяет определить необходимое давления p газа перед соплом фурмы, изменение скорости w_1 несущего газа вдоль сопла длиной l и целый ряд других параметров. При этом учитывалось влияние следующих параметров:

диаметра D и длины l сопла фурмы, размеров твердых частиц δ_i и их формы f , концентрации порошка μ , его плотности ρ_2 , и дисперсности δ_i/δ_j , коэффициента тангенциальной скорости. Используя настоящую методику, установим влияние фракционного состава частиц δ_i/δ_j .

В расчетах, представленных на рисунке, принято, что $\delta_j = 1,7$ мм есть величина постоянная, а изменяется только δ_i .

Если размер частиц δ_i/δ_j повышается, то давление p перед соплом падает. Если увеличить крупность δ_i в 10 раз с 0,17 до 1,7 мм, то число частиц в потоке уменьшится в 1000 раз ($Z = 1,7^3 / 0,17^3 = 1000$). Например, при увеличении крупности частиц δ_i/δ_j с 0,1 до 1,0 при $l = 0$ мм (входе в сопло) давление p падает с 0,44 до 0,36 МПа, а при уменьшении δ_i/δ_j с 1,0 до 0,1 при $l = 90$ мм давление p растет с 0,33 до 0,38 МПа.

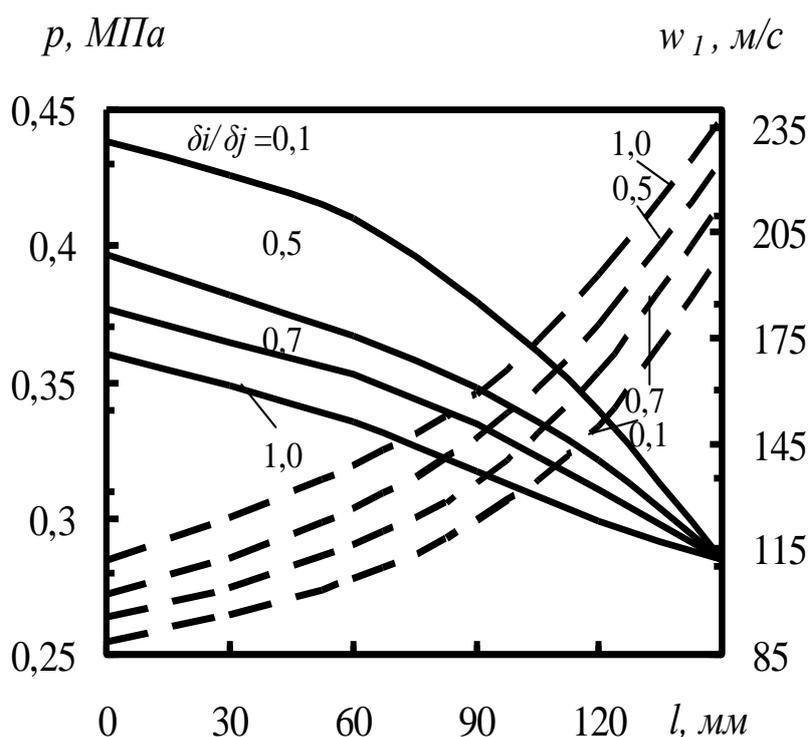


Рисунок – Влияние фракционного состава частиц δ_i/δ_j на распределение давления p (—) и скорости w_1 (---) несущего газа по длине сопла l . Исходные данные: $D = 7$ мм; $l = 150$ мм; $\rho_2 = 1700$ кг/м³; $f = 1,7$; $m_2 = 12$ кг/мин; $V_H = 45$ м³/час; $\rho_M = 7000$ кг/м³; $h = 2,7$ м; $\delta_i/\delta_j = 1,0(1,7/1,7)$; $0,7(1,19/1,7)$; $0,5(0,85/1,7)$; $0,1(0,17/1,7)$ мм -50 / 50 %.

В потоке, где больше мелких частиц давление p растет, плотность ρ_1 несущего газа возрастает и по уравнению неразрывности для газовой фазы скорость w_1 не-

сущего газа падает. Так, например, на длине сопла $l = 150$ мм увеличение δ/δ_j с 0,1 до 1,0 приводит к росту скорости w_1 несущего газа с 200 до 237 м/с.

Главная рекомендации – сопло фурмы должно быть коротким и строго соответствовать расходу газоносителя m_1 , который следует предварительно нагревать. Тогда скорость газоносителя w_1 можно увеличить в несколько раз.

УДК 669.162.2

Р.Д. Куземко¹, В.В. Калинин², Р.В. Авдеев³, А.С. Черненко², А. А. Майборода¹

1 – ГВУЗ ПГТУ, г. Мариуполь; 2 – кафедра теплофизики ОНУ, г. Одесса;

3 – МК «Азовсталь», г. Мариуполь

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОССТАНОВЛЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ЧАСТИЦ ПРИ УДАРАХ О СТЕНКУ НА СИЛУ ВНУТРИФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ФРАКЦИОННОМ СОСТАВЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА, ВДУВАЕМОГО ЧЕРЕЗ ФОРСУНКУ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

Актуальность проблемы. На металлургических комбинатах до 60 % энергетического потенциала завода потребляет доменный цех. Энергоресурсосбережение – ключевая проблема меткомбинатов Украины. Впервые разработанная на Украине технология вдувания пылеугольного топлива в доменные печи (ПУТ) сейчас внедряется и на ЧАО МК «Азовсталь». Технология позволяет снизить расход кокса на 40 – 50 % и, как считают в Европе, решить не менее важную проблему – снизить экологическую нагрузку в промышленном районе. Однако при освоении этой высокой технологии возникли и серьезные проблемы – неполное горение пылеугольного топлива в фурменной зоне доменной печи.

Решение этой наукоемкой задачи зависит от аэродинамики течения газозвеси в форсунке и параметров истекающего пылеугольного факела. На этот негорящий факелочек угля в пределах фурменного прибора и факел горения в фурменном очаге влияют многочисленные факторы. Метод «проб и анализа ошибок», который применяли при освоении ПУТ на ДМЗ, привел только к тому, что (с 1963 г по 2013 г) сменили 4 поколения оборудования и за многие годы достигли только тех вершин (170 кг угля на 1 т чугуна), которые на МК им. Ильича удалось достичь за 2 года.