

Механические свойства окатышей зависят от температуры и длительности обжига, скоростей нагрева и охлаждения. Изменение этих показателей связано с химическим и минералогическим составами окатышей и определяет их механические и металлургические свойства без снижения их металлургической ценности. Одно из свойств окатышей — термостойкость, т. е. способность нагреваться без разрушения и образования трещин при максимальной скорости подвода тепла. В термостойкость входят и такие понятия, как трещинообразование и температурный шок [1, с. 66].

В начале сушки сырых окатышей на их поверхности могут возникать трещины. Причиной трещинообразования является превышение скорости парообразования над скоростью удаления пара через поры окатышей. Далее при более быстром подъеме температу-

ры, когда скорость образования пара в объеме окатыша возрастает, а скорость его удаления через поры остается прежней, может наблюдаться растрескивание взрывоподобным разрушением (температурный шок) [2, с. 28]. Для предупреждения появления трещин или полного разрушения окатыша под действием выделяющегося внутри окатыша водяного пара сушка должна быть достаточно медленной.

При жестких режимах сушки окатышей в шаровом объеме высушиваемого материала возникают нормальные (вдоль радиуса окатышей) и тангенциальные (перпендикулярно радиусу) напряжения. Очевидно, если возникающие напряжения превысят предельные, то произойдет разрушение окатыша при сушке. При этом под действием тангенциальных напряжений на поверхности окатышей будет происходить образова-

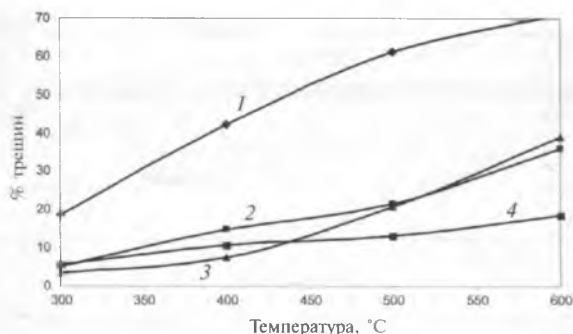


Рис. 1. Влияние температуры на образование трещин для окатышей классов крупности, мм: 1 — от 16 до 12,5; 2 — от 12,5 до 11,2; 3 — от 11,2 до 8; 4 — от 8 до 5

ние трещин в разных направлениях. Если же нормальные напряжения превысят допустимые, то это приведет к внезапному разрушению шаровой оболочки окатышей, т. е. к так называемому шоку. Прочность зависит и от теплопроводности составляющих окатыш материалов. Чем выше теплопроводность одного из материалов, тем быстрее он прогревается при тепловой обработке окатыша.

Механизм сушки окатышей определяется не только поровыми характеристиками окатышей, но и теплофизическими свойствами твердого скелета. В зависимости от соотношения коэффициентов теплопроводности материала λ_m и жидкости $\lambda_{ж}$ можно рассмотреть два механизма сушки:

- 1) $\lambda_m > \lambda_{ж}$, в этом случае возможны поршневой режим удаления влаги, возникновение больших избыточных давлений в окатыше, высокоинтенсивная сушка;
- 2) в случае $\lambda_m = \lambda_{ж}$ механизм удаления жидкости приближен к законам испарения воды со свободной поверхности.

Получили зависимость температур шока и трещинообразования для смесей бентонита и соколовско-сарбайского концентрата [3]. По результатам исследований при увеличении содержания бентонита температура трещинообразования уменьшается, так как увеличивается число закрытых пор в окатышах, на температуру шока добавка бентонита влияет незначительно. На основе анализа литературы по определению параметров, влияющих на термостойкость окатышей, выяснили, что значение количества окатышей, подвергающихся разрушению, увеличивается при: уменьшении пористости и крупности частиц; увеличении диаметра окатышей и содержания воды в них; повышении температуры и скорости сушки; расширении интервала распределения крупности концентрата.

В лаборатории кафедры металлургии и металловедения Старооскольского технологического института НИТУ «МИСиС» были проведены эксперименты по определению термостойкости офлюсованных и неофлюсованных окатышей в процессе их сушки. Разработали методику определения трещинообразования окатышей в зависимости от гранулометрического состава окатышей и температуры сушки. Отбирали окатыши различных фракций по 200 г и сушили их при 300, 400, 500 и 600 °C. Влажность окатышей опреде-

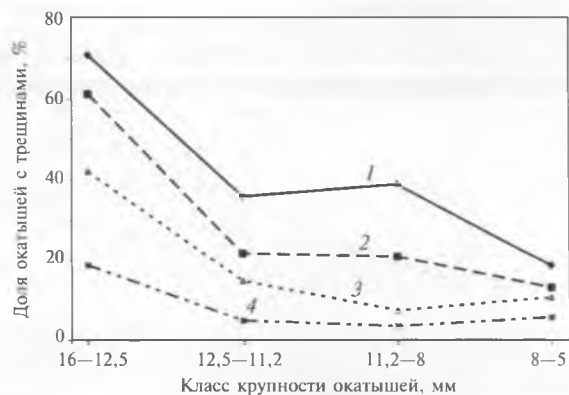


Рис. 2. Влияние гранулометрического состава офлюсованных окатышей на трещинообразование при температуре, °C: 1 — 600; 2 — 500; 3 — 400; 4 — 300

ляли по стандартной методике путем высушивания до постоянной массы при 100 °C. После сушки определяли визуально наличие трещин в окатышах (при наличии даже одной трещины любых размеров считали, что окатыш не выдержал тепловую нагрузку при данной температуре). Далее определяли прочность сухих окатышей на сжатие каждой фракции и каждого вида (офлюсованных и неофлюсованных) окатышей согласно стандартной методике. Результаты экспериментов представлены на рис. 1 и 2.

Изменение доли окатышей с трещинами в офлюсованных окатышах в зависимости от температуры сушки (рис. 1) показывает, что при увеличении температуры количество окатышей с трещинами возрастает, и чем выше класс крупности окатышей, тем хуже их термостойкость. Такая зависимость объясняется тем, что с увеличением размера окатыша необходимо затратить больше времени для удаления пара из его объема, а скорость парообразования превышает скорость удаления пара из пор окатыша. Доля окатышей без трещин в неофлюсованных окатышах снижается с уменьшением размера окатышей и с уменьшением температуры сушки. На образование трещин большое влияние оказывает гранулометрический состав окатышей (рис. 2, 3). Для определения прочности отбирали по 20 окатышей с трещинами и без трещин и испытывали их на прочность на гидравлическом прессе. Прочность воз-

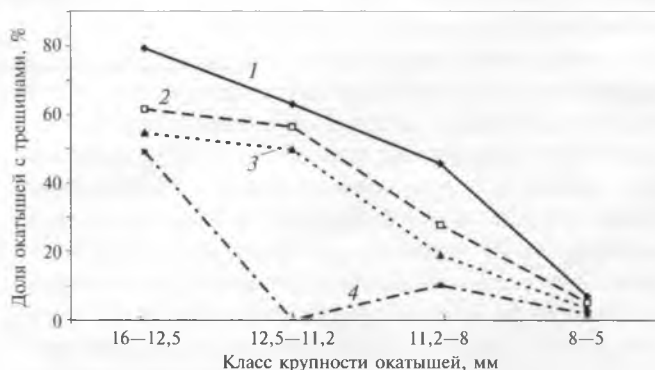


Рис. 3. Влияние гранулометрического состава неофлюсованных окатышей на трещинообразование при температуре, °C: 1 — 600; 2 — 500; 3 — 400; 4 — 300

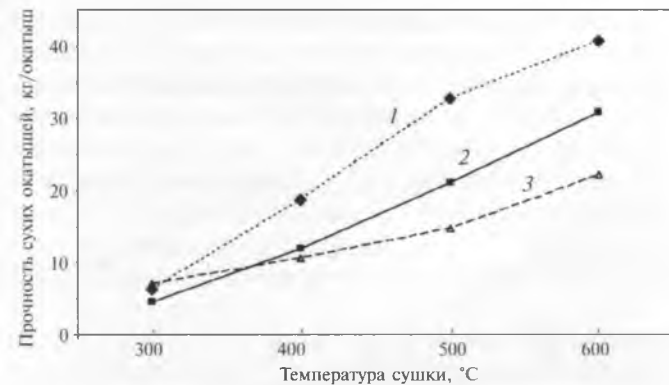


Рис. 4. Зависимость прочности сухих офлюсованных окатышей без трещин от интенсивности сушки. Класс крупности окатышей, мм: 1 — от 16 до 12,5; 2 — от 12,5 до 11,2; 3 — от 11,2 до 8

растает с увеличением температуры сушки (рис. 4) в результате перехода магнетита в гематит, кристаллическая решетка которого более плотная.

На следующем этапе работы определяли температуру шока и влияние на нее различных факторов. Температуру шока определяли, помещая влажные окатыши в предварительно разогретый до заданной температуры (800 — 1200 °C) сушильный шкаф. Момент разрушения окатышей фиксировали визуально. Результаты эксперимента представлены на рис. 5. Массовую долю влаги в окатышах определяли по стандартной методике высушиванием до постоянной массы при 100 °C. Испытания проводили для окатышей с содержанием массовой доли влаги, %: 9,4; 7,4; 5,4 и 3.

В результате экспериментов было установлено, что окатыши более мелкой фракции выдерживают более высокие температуры без разрушений. Это можно объяснить тем, что при небольшом диаметре окатыша расстояние, которое необходимо преодолеть образующемуся пару, невелико, соответственно промежуток времени образования пара не превышает время, необходимое для его удаления. Окатыши с большей влажностью подвергаются разрушению при более низких температурах из-за большего давления пара, возникающего внутри пор окатышей. Количество вла-

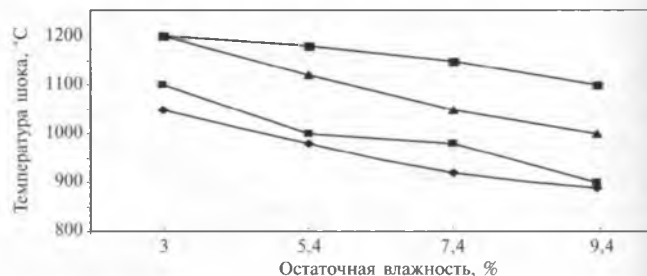


Рис. 5. Зависимость температуры шока от влажности окатышей класса крупности, мм: 1 — 16 — 12,5; 2 — 12,5 — 11,2; 3 — 11,2 — 8; 4 — 8 — 5

ги в них больше, и поэтому при резком нагреве скорость парообразования превышает скорость удаления пара через поры окатышей.

Выводы

1. Температура сушки неофлюсованных окатышей в производственных условиях в первой зоне сушки должна быть ниже 300 °C, для офлюсованных окатышей она может быть увеличена до 320 — 350 °C.

2. Чем меньше по размеру окатыши, тем выше для них температура шока. Для фракции от 8 до 5 мм температура шока в полтора раза выше, чем для окатышей фракции от 12,5 до 11,2 мм.

3. На температуру шока влияет также влажность шихты. У окатышей с влажностью 3 % температура шока значительно выше, чем у окатышей с влажностью 7,4 %, т.е. при переходе окатышей из зоны сушки в зону подогрева остаточная влага менее 3 — 4 % не приведет к их разрушению.