

УДК 669.041:621.365.22

## ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ВАННЫ В СВЕРХМОЩНОЙ ДСП ИЗ СРАВНЕНИЯ РАССЧИТАННОЙ ТЕКУЩЕЙ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА И ЗАМЕРЕННОЙ

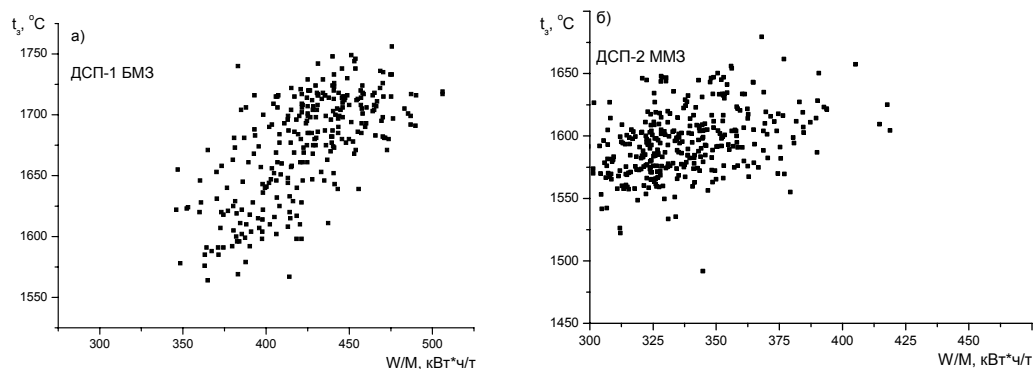
В.Г. Скрябин, Д.В. Скрябин, С.А. Храпко  
Донецкий национальный технический университет

*Оцінка температурної неоднорідності рідкої сталі по різниці вимірної термопарою біля порогу робочого вікна і середньою розрахованою з початку плавки температурою металу у ванні 120 т печі може досягати для ДСП-1 Білоруського металургійного заводу 63°C, для ДСП-2 Молдавського металургійного заводу 60°C.*

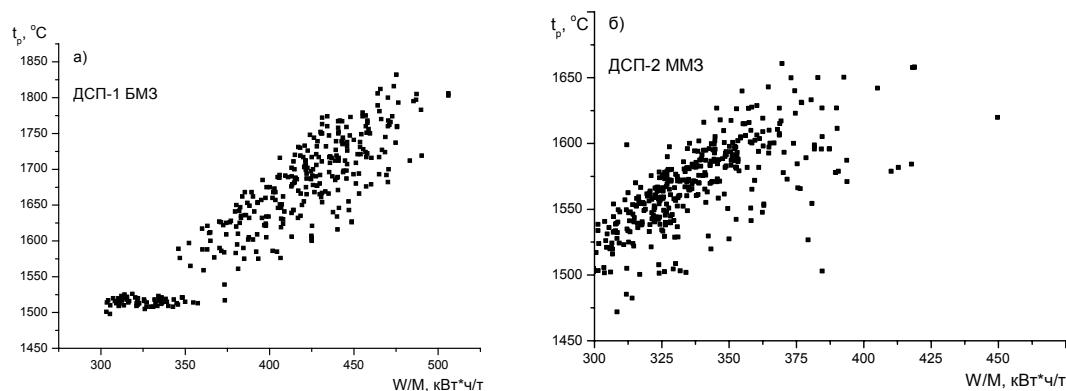
Причины отклонений значений измеренной температуры от неизвестной истинной средней температуры металла в ванне ДСП - большая разность температур между электрической дугой и подиной печи, нестационарность перемешивания металла, местоположение спая термопары при замере и др. Для оценки величин отклонений (неоднородность ванны) замеры температуры сравнивали с рассчитываемой текущей средней температурой металла, как наиболее близкой к неизвестной истинной. Температура рассчитывалась с начала плавки с шагом 5 секунд в математической модели (МРТ) с учетом вводимых в печь электроэнергии, всех материалов и тепловых потерь.

Проанализирована последовательность из 65 плавов (13054-13137 2000 г.) в 120-тонной ДСП-1 Белорусского металлургического завода с количеством замеров температуры на плавке от 2 до 9 и из 117 плавов (205583-205733 2000 г.) в 120-тонной ДСП-2 Молдавского металлургического завода с количеством замеров – от 2 до 5. Замеры температуры выполнялись обычным способом по решению сталевара. Температура в МРТ рассчитывалась в режиме реального времени плавов без алгоритмов самонастройки.

В процессе анализа отбросили плавки с одним замером температуры и исключили замеры очевидно недостоверные (по скорости нагрева от введенной в печь энергии), например, 1825 °С. Ожидаемой возрастающей зависимости замеренных температур ( $t_z$ ) от удельной по массе металлолома электроэнергии ( $W/M$ ) на рис.1 практически не наблюдается. Для рассчитанных температур ( $t_p$ ), возрастающая зависимость проявляется несколько лучше, рис. 2.



**Рис. 1. Замеренные температуры в зависимости от удельной (по массе металлозавалки) электроэнергии: а) ДСП-1 БМЗ, б) ДСП-2 ММЗ**

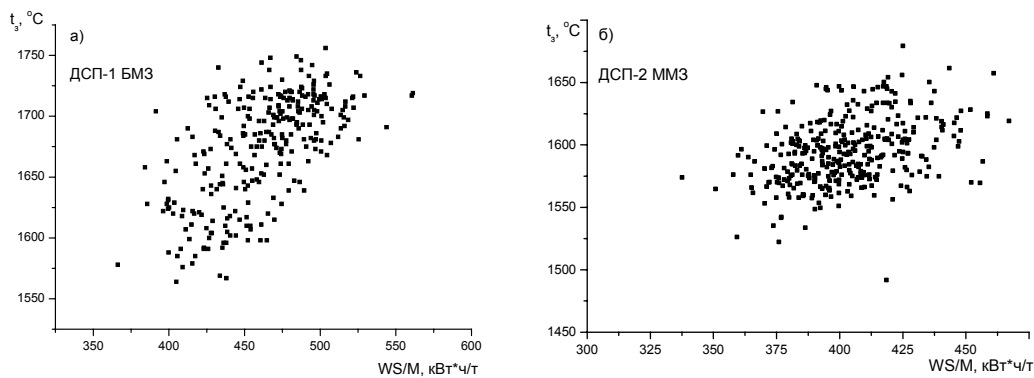


**Рис. 2. Рассчитанные температуры в зависимости от удельной электроэнергии**

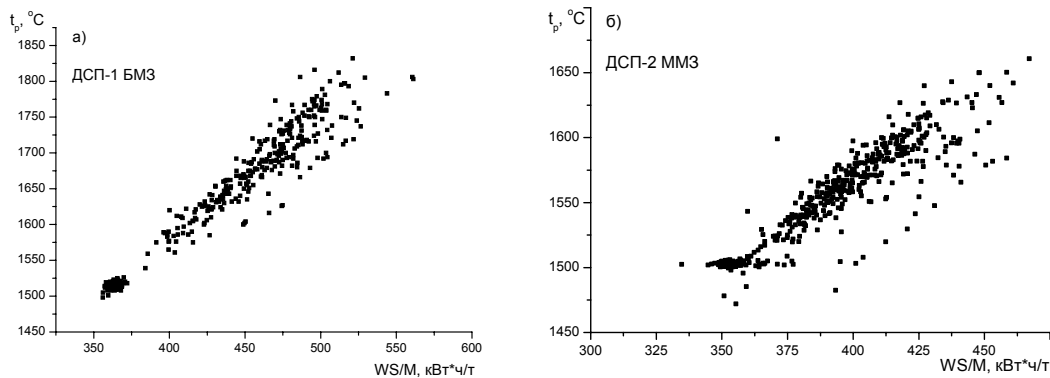
В МРТ рассчитывалась полная вводимая в печь энергия ( $WS$ ), как сумма электроэнергии, тепла ТКГ и тепла химических реакций. Учет всех источников энергии не изменил вид зависимости  $t_z$  от удельной по массе металлолома полной энергии ( $WS/M$ ), рис. 3, а вид зависимости  $t_p$  улучшился, но недостаточно – точки должны бы со значительно меньшей рассеянностью ложиться на кривую, рис. 4.

Из графиков зависимостей  $t_z$  и  $t_p$  от введенной энергии, построенных для каждой плавки, определили, что для части плавки  $t_z$  и  $t_p$  удовлетворительно согласуются в пределах  $10\text{ }^\circ\text{C}$ , для другой части  $t_z$  были смещены относительно  $t_p$  на различную величину – положительную и отрицательную. Установлено, что причиной смещения, кроме температурной неоднородности, и рассеянность точек на рис. 4 является несоответствие фактической массы металлозавалки и информационной (взвешенной), поступившей и использованной для

расчета в МРТ. Расчетами установлено, что несоответствие фактической массы металлозавалки и информационной на 1 т изменяет рассчитываемую в МРТ температуру  $t_p$  примерно на  $10\text{ }^\circ\text{C}$ . И такая ситуация приводит к существенной ошибке в прогнозе температуры. В связи с таким несоответствием фактической и информационной масс металлозавалки на рис. 5 разности замеренных и рассчитанных температур ( $t_z - t_p$ ), достигающие более  $\pm 100\text{ }^\circ\text{C}$ , нельзя оценивать как температурную неоднородность ванны жидкой стали.



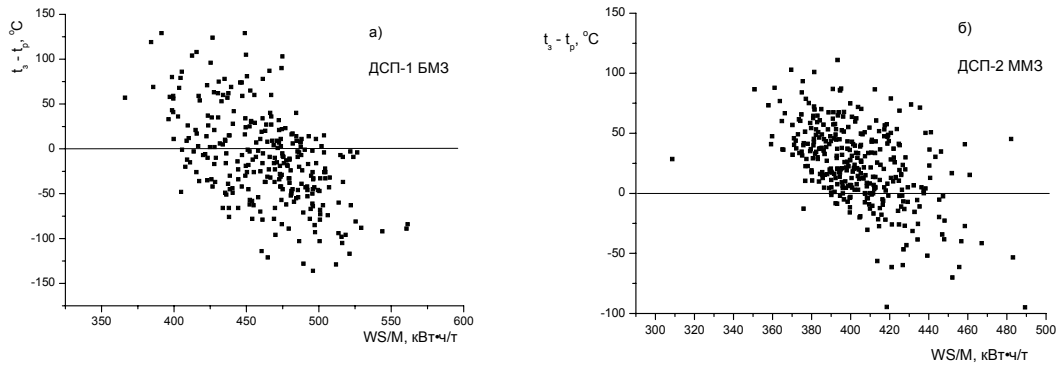
**Рис. 3. Замеренные температуры в зависимости от рассчитанной полной удельной энергии**



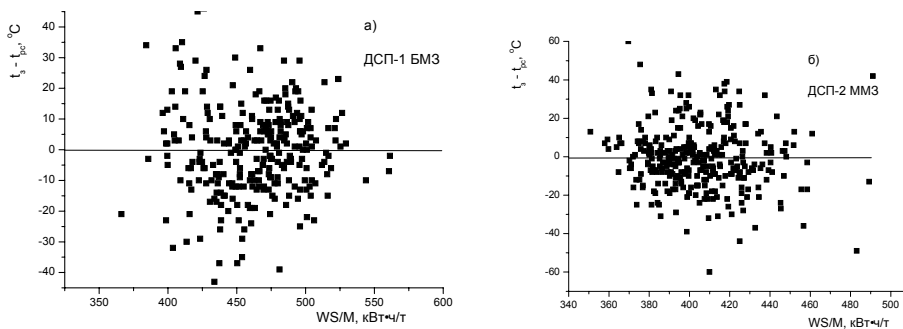
**Рис. 4. Рассчитанные температуры в зависимости от рассчитанной полной удельной энергии**

Для компенсации несоответствия фактической и информационной массы металлозавалки для каждой плавки по одному алгоритму устранили смещения кривой рассчитанных температур относительно замеренных, т.е. центрировали рассчитанные температуры ( $t_p$ ) относительно замеренных температур. Для этого определяли среднее отклонение измеренных температур за плавку от рассчитанных и на эту величину изменяли рассчитанные температуры и получали новые

значения смещенных рассчитанных температур ( $t_{pc}$ ). Разница ( $t_3 - t_{pc}$ ) в зависимости от удельной (по массе металлолома) полной энергии ( $WS/M$ ) представлена на рис. 6.



**Рис.5. Разности замеренной и рассчитанной температуры ( $t_3 - t_{pc}$ ) в зависимости от полной энергии**



**Рис.6. Зависимость разности замеренной и рассчитанной центрированной температур от рассчитанной полной удельной энергии для ДСП-1 БМЗ (а) и ДСП-2 ММЗ (б)**

Эту разность можно рассматривать как оценку температурной неоднородности расплава металла в ДСП. Из рис. 6 следует, что для ДСП-1 БМЗ максимальная разность температур ( $t_3 - t_{pc}$ ) составляет 63 °С, минимальная -43 °С, для ДСП-2 ММЗ максимальная 60 °С, минимальная -60 °С.

### Выводы

Следовательно, температурная неоднородность жидкого металла между местом замера термопарой возле порога рабочего окна и средней температурой металла в ванне печи может достигать для ДСП-1 БМЗ 63 °С, для ДСП-2 ММЗ 60 °С.