

зачистить его переднюю поверхность алмазным бруском (зернистость алмаза 60/40 %).

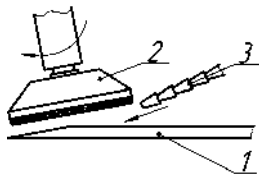


Рис. 3. Направление подачи СОЖ
(1 – нож, 2 – инструмент,
3 – трубка подачи СОЖ)

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для получения высококачественной типографской продукции немаловажное значение имеет бумагорезальное оборудование, одним из элементов которых является типографский нож. Именно качество обработки такого ножа сказывается на качестве выпускаемой типографской продукции.

Проведя анализ типографских предприятий, выявлены наиболее существенные недостатки переточки ножей. Рассмотрены такие вопросы, как регла-

ментирующие инструкции для заточки рассматриваемых ножей и непосредственно заточное оборудование. Составлены дополнительные рекомендации, применив которые, можно повысить качество обработки типографских ножей.

Литература

1. Кацук, В.А. Справочник шлифовщика / В.А. Кацук, А.Б. Верещагин. – М., 1988.
2. Новиков, М.П. Справочник металлста: в 5 т. Т. 4. Справочник металлста / под ред. М.П. Новикова, П.И. Орлова. – М., 1977.
3. Смагин, Г.И. Смазывающее-охлаждающие жидкости при обработке материалов / Г.И. Смагин, Н.Д. Яковлев, В.С. Карманов // Инструмент Сибири. – 2000. – № 3. – С. 12.
4. Справочник конструктора инструментальщика / под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М., 1994.
5. Smagin, G.I. Improved service for combines "OLYMPIA" = Улучшение обслуживания комбайнов «ОЛИМПИА» / [G.I. Smagin and etc.] // European innovation convention: proc. of the 1 intern. sci. conf. (Austria, Vienna, 20–21 Dec. 2013). – Vienna, 2013. – P. 145–152.

УДК 669.18.046.5

А.Т. Степанов, Н.Н. Суворин

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА УДАЛЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ПРОДУВКЕ МЕТАЛЛА В КОВШЕ АРГОНОМ

Приведены результаты исследований в лабораторных условиях процесса удаления твердых неметаллических включений из жидкости (металла) в ковше при продувке инертным газом. Установлены временные и технологические ограничения периода наиболее интенсивного удаления включений в шлак.

Сталь, шлак, ковш, неметаллическое включение, гидродинамика, аргон.

The paper presents the results of researches of the process of removal of firm nonmetallic inclusions from the steel in the ladle at a purge by inert gas in the laboratory. Temporary and technological restrictions of the period of the most intensive removal of inclusions from steel into slag are set.

Steel, slag, ladle, nonmetallic inclusion, hydrodynamics, argon.

Для получения стали с минимальным содержанием неметаллических включений, значительно влияющих на многие ее свойства, металлургами разрабатываются все новые способы и материалы для внепечной обработки расплава в ковше.

Одной из наиболее актуальных проблем современной металлургии является поиск адекватных методов регулирования количества, размеров и формы неметаллических включений, нашедшая название в мировой практике как «инженерия неметаллических включений». Ее решение является предельно наукоемким и предполагает как существенное расширение представлений о самих неметаллических включениях, так и базы фундаментальных и прикладных знаний о металлургических процессах. Эти знания позволили разработать классические способы борьбы с

неметаллическими включениями, такие как: обработка стали синтетическим шлаком, продувка металла инертным газом, модифицирование неметаллических включений. Эффективность удаления неметаллических включений определяется рядом металлургических процессов, которые, в свою очередь, зависят от интенсивности перемешивания, т.е. гидродинамики, металла в ковше.

В настоящее время самым распространенным способом перемешивания металла в ковше является продувка инертным газом – аргонном – через пористые огнеупорные пробки, устанавливаемые в днище ковша. Интенсивность массообменных процессов, приводящих к образованию, укрупнению – коагуляции – и удалению включений определяется количеством пористых пробок, местом их установки, ин-

тенсивностью продувки аргоном, длительностью обработки, природой включений. Определение оптимальных параметров обработки стали в ковше инертным газом – сложная задача, решаемая в основном экспериментальным путем.

В настоящей работе для изучения вопросов гидродинамики и определения влияния параметров продувки на интенсивность перемешивания и эффективность удаления неметаллических включений использовалась «холодная» физическая модель сталеразливочного ковша с продувкой «расплава» газом через пористые пробки (рис. 1).

Методика эксперимента. В работе на «холодной» модели изучался процесс удаления «неметаллических» включений из жидкости при продувке газом через донные пробки. В частности, экспериментально рассматривался механизм удаления твердых включений, т.е. оценивалось влияние числа продувочных пробок, интенсивности и времени продувки на количество удаленных неметаллических включений.

В качестве жидкости, моделирующей сталь, выбрали воду, в качестве «шлака» – подсолнечное масло, в качестве неметаллических включений – вымоченные древесные опилки фракцией < 1,6 мм.

Весьма трудоемким был выбор материала для моделирования неметаллических включений в воде. Частицы должны быть достаточно мелкими, самопроизвольно не выпадать в осадок и не всплывать в «шлак», т.е. их плотность должна быть близкой к плотности жидкости. Испытывались такие материалы:

- манная крупа (насыпная плотность 1520 кг/м^3);
- измельченная манная крупа (фракция < 1 мм);
- кукурузная крупа (насыпная плотность 670 кг/м^3);
- измельченная кукурузная крупа (фракция < 1 мм);
- измельченное зерновое кофе (фракция < 1 мм) (насыпная плотность 580 кг/м^3);
- кокс;
- сухие древесные опилки (насыпная плотность 200 кг/м^3);
- вымоченная древесные опилки (насыпная плотность 940 кг/м^3).

Исходя из того, что плотность воды равна 1000 кг/м^3 , лучше всего подошли вымоченные опилки, имеющие плотность 940 кг/м^3 , которые самостоятельно всплывали в воде очень медленно или не всплывали совсем.

Для выбора вещества, моделирующего шлак, рассматривались:

- пена для ванны;
- жидкое мыло для рук;
- подсолнечное масло.

Ближе всего по характеристикам и физическим свойствам подходит подсолнечное масло, которое хорошо ассимилирует опилки и не смешивается с водой. Соотношение плотностей воды и масла примерно такие же как стали и шлака.

В качестве ковша использовали стеклянную цилиндрическую емкость объемом 10 литров (рис. 1). В качестве газа использовали воздух, нагнетаемый компрессором. Три пробки размером $3 \times 13 \times 25 \text{ мм}$ расположены в днище под углом в 120° относительно друг друга и удалены от центра на 5,5 см (середина радиуса). Интенсивность продувки воздухом измерялась с помощью ротаметров. Количество удаленных неметаллических включений измерялось путем взвешивания на весах вымоченных стружек до погружения в сосуд и оставшихся в воде после продувки.

Основные результаты исследований. Известно, что физическое моделирование лишь приближенно воспроизводит процессы реального металлургического агрегата. В наших условиях не ставились задачи количественной оценки каких-либо зависимостей. Но все же лабораторные исследования позволили довольно надежно представить гидродинамику ванны при продувке жидкого металла в ковше.

На «холодной» модели ковша была проведена большая серия экспериментов по изучению процессов удаления включений из жидкости при продувке через 1, 2, 3 пористые пробки, с различным расходом воздуха и разной длительностью продувки. Графические результаты представлены на рис. 2 и 3.

При продувке в «ковше» создается определенный режим перемешивания жидкости (воды) и «шлака» (масла), который обеспечивает подвод включений (опилок) к поверхности шлака (рис. 1). При соприкосновении с маслом опилки ассимилируются в нем и в объем жидкости не возвращаются.



Рис. 1. Внешний вид системы «металл – шлак – включения» при продувке воздухом через пористую пробку

Результаты, представленные на рис. 2, свидетельствуют о том, что интенсивность удаления «неметаллических» включений в начале продувки максимальная, а затем быстро замедляется. После трех минут продувки степень удаления включений совсем незначительна, т.е. продувка более трех минут становится малоэффективной. Явно проявляется слабое влияние интенсивности дутья. Подобные результаты наблюдаются и на реальных ковшах с металлом.

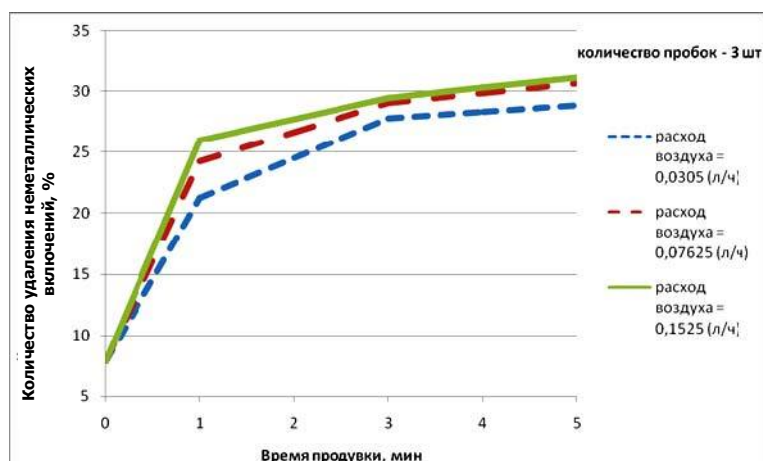


Рис. 2 Зависимость количества удаленных включений от времени и интенсивности дутья при продувке через 3 пробки

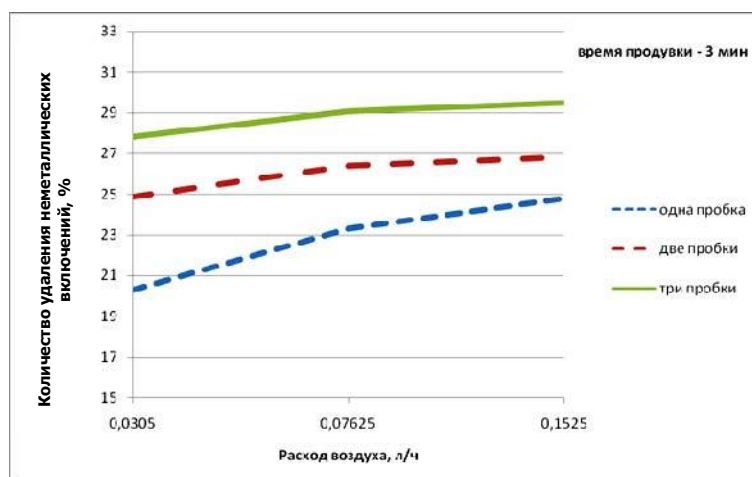


Рис. 3. Зависимость степени удаления включений от интенсивности продувки и количества пробок

Рис. 3 показывает, что зависимость степени удаления включений от интенсивности дутья при продувке через разное число пробок имеет аналогичный рис. 2 характер, т.е. при увеличении расхода дутья (на данной лабораторной установке) количество удаленных частиц сначала возрастает, но дальнейшее увеличение – более 0,07 л/час, становится малоэффективным. Это объясняется тем, что при большем расходе газа увеличивается размер пузырей, а не их количество, крупные пузыри сливаются в «свищи», т.е. сплошные газовые потоки. В результате перемешивание ванны ухудшается и вынос частиц из объема к границе «шлак – металл» замедляется. Но следует отметить, что в целом влияние интенсивности продувки на эффективность удаления включений значительно слабее (1,5–5 %), чем влияние количества пробок (5–10 %). Другими словами, эффективность перемешивания и, как следствие, степень очистки расплава от включений в основном определяется количеством пробок для подачи газа, а не интенсивностью дутья. Максимальная степень рафинирования жидкости при продувке тремя пробками достигает 30 %.

Выводы:

1. В лабораторных условиях в системе «ковш – металл – шлак – неметаллические включения» изучены особенности влияния на степень удаления включений количества продувочных пробок, интенсивности продувки, времени продувки.
2. Установлено наличие неких «пороговых» значений интенсивности и времени продувки, после достижения которых дальнейшая обработка становится малоэффективной.
3. Выявлено, что доля удаленных включений при продувке жидкости (расплава) в основном определяется количеством продувочных пробок и может достигать 30 и более процентов.

Литература

1. Кнюппель, Г. Раскисление и вакуумная обработка стали. Ч. II. Основы и технология ковшевой металлургии / Г. Кнюппель. – М., 1984.
2. Поволоцкий, Д.Я. Внепечная обработка стали / Д.Я. Поволоцкий, В.А. Кудрин, А.Ф. Вишкарёв. – М., 1995.