

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Бабанина Анатолия Яковлевича “Развитие научных основ и технологии внепечной обработки конструкционных сталей”, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – металлургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность. Оценка актуальности рецензируемой диссертации неоднозначна.

С одной стороны, необходимо отметить, что практически вся вторая половина XX века и начало нового тысячелетия в сталеплавильном производстве ознаменовались нарастающим темпом совершенствования технологического процесса, выразившемся в многократном увеличении производительности и достижении высочайшего уровня качества продукции массового потребления. Начало этому процессу было положено прогрессом в разделении воздуха на составляющие компоненты, что позволило получать в большом объёме с умеренными издержками чистый кислород, который стало экономически оправданным использовать для интенсификации сталеплавильных процессов. Логическим завершением положительных результатов продувки расплава кислородом явилось появление кислородного конвертера, а итогом поиска рациональных способов превращения окисленного полупродукта кислородно-конвертерной плавки в сталь явилось создание ряда агрегатов внепечной обработки, специализированных для выполнения тех или иных операций. Проведение операций рафинирования от нежелательных примесей и легирования требуемыми компонентами в специализированных агрегатах позволило обеспечить в каждом из них максимально благоприятные условия для протекания этих процессов, добиться высокой скорости их завершения и достижения невозможного ранее уровня качества стали массового назначения. Сейчас уже невозможно представить работу сталеплавильного цеха без агрегатов внепечной обработки.

Поэтому следует признать, что ряд вопросов, рассматриваемых в диссертации, давно решены, технологии освоены и широко используются в практике производства.

В то же время, непрерывно повышаются требования к качеству металла, что, безусловно, требует и непрерывного совершенствования технологии. С этой точки зрения поиски путей повышения качества металла в результате внепечной обработки остаются весьма актуальными. Поэтому часть диссертационных исследований, посвящённых совершенствованию технологических приёмов повышения качества металла, следует признать несомненно актуальными.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций; достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Поскольку ни в диссертации, ни в автореферате выводы и рекомендации чётко не сформулированы, то оппоненту остаётся оценивать лишь научные положения, используемые и развиваемые соискателем, а также их достоверность, научную новизну и практическую значимость.

Тем не менее, следует отметить, что в п. 2 Заключения диссертации и автореферата присутствует утверждение, которое вполне можно считать рекомендацией: «...Наиболее эффективным звеном формирования качества металла является АКП – КВ - МНЛЗ, которое обеспечивает низкое содержание серы – 0,001- 0,002%, водорода – не более 1,5-2,0 ppm, азота – не более 4-6 ppm, НВ тонкой серии – до 1,0 балла, снижение неравномерности макро и микроструктуры сляба по малому и большому радиусу, точечной и осевой неоднородности и, как следствие, значительное повышение качества металла и снижение его отсортировки». Это утверждение не может вызывать возражений, но оппонент не нашел в диссертации, что это за звено «АКП – КВ – МНЛЗ». В диссертации анализировалась схема АКП–МНЛЗ. Судя по тому, что это увязано с содержанием газов, «КВ», по-видимому, означает «ковшовое вакуумирование». Однако в диссертации результатов обработки металла вакуумом нет.

Научная новизна. На мой взгляд, научная новизна рецензируемой диссертационной работы весьма скромная. Она заключается, прежде всего, в том, что по известным методикам экспериментально исследованы некоторые физические и химические процессы, протекающие в сталеразливочном и промежуточном ковшах при введении раскислителей и продувке расплава инертным газом. Определённый научный интерес представляют также результаты расчётов, выполненных также по ранее известным методикам, равновесных оксидных и металлических фаз, которые могут реализоваться в этих условиях.

В принципе, можно было бы согласиться со сформулированными соискателем 8-мью пунктами научной новизны, если во всех 4-х пунктах, начинающихся со слова «Впервые...» (п.п. 4-7) писать «... для конкретных исследованных условий...», потому что все эти вопросы ранее неоднократно уже исследовались.

Достоверность. Полученные результаты с точки зрения их достоверности в целом не вызывают сомнения. Они базируются на достаточно большом количестве фактического материала, подтверждаются результатами экспериментов, физического и математического моделирования.

Практическая значимость. Диссертация имеет достаточно чётко выраженную практическую направленность. Приведённые в диссертации резуль-

таты промышленных экспериментов, выполненных на разных предприятиях, не вызывают возражений и подтверждают эффективность предлагаемых решений.

В частности, эффективность технологии снятия переокисленности металла углеродсодержащими материалами в процессе выпуска плавки подтверждается данными РУП "Белорусский металлургический завод", а технология внепечной обработки конструкционной трубной стали с контролем размеров открытой поверхности металла при продувке аргоном в агрегате ковш-печь – данными ОАО "МК "Алчевский металлургический комбинат". Технология внепечной обработки стали в агрегате ковш-печь с обеспечением заданного состава неметаллических включений и технология рационального раскисления стали в процессе выпуска плавки, а также рафинирования стали от неметаллических включений в процессе непрерывной разливки в промежуточном ковше МНЛЗ – ПАО "МК "Азовсталь". Эффективность технологий рафинирования стали шлаковыми смесями и порошковыми проволочными модификаторами, в том числе содержащими высокоактивные элементы алюминий и кальций подтверждается данными ряда других предприятий – НПО "Тулачермет, АО "Макеевский металлургический комбинат", ОАО «Запорожсталь».

Таким образом, имеются основания считать, что результаты диссертационных исследований прошли обширную экспериментальную проверку и показали хорошую эффективность.

Оценка диссертации в целом. В целом диссертация представляет собой законченное исследование, направленное на решение актуальной и важной практической задачи – разработку комплекса ресурсосберегающих технологий внепечной обработки, обеспечивающего улучшение технико-экономических показателей производства и повышение качества металлопродукции.

В диссертации изложены результаты ряда теоретических и обширных экспериментальных исследований, начиная от термодинамического анализа поведения элементов в специфических условиях внепечной обработки, математического и физического моделирования механизма и кинетики физико-химических процессов при продувке расплава газами и в потоках металла в промежуточном ковше и заканчивая производственными исследованиями качества готового металла.

Замечания:

1. Несмотря на чрезмерно большой объем текста диссертации (350 с.) и внушительный библиографический список (385) в диссертации практически нет сведений о многочисленных ранее выполненных по теме диссертации исследованиях других авторов. Диссертант начинает свои исследования практически с «чистого листа», в то время как оппоненту известно более десятка кандидатских и несколько докторских диссертаций по этому вопросу, выполненных еще

в СССР. Ещё больше работ опубликовано по формированию, трансформации и удалению неметаллических включений.

К этому же следует добавить, что в библиографический список включены очень старые (1932, 1937, 1948 г.г.) и, на мой взгляд, не имеющие информативной ценности работы [144, 146, 147, 152, 158, 160, 161 и т.д.], преимущественно англоязычных авторов, содержание работ которых достаточно уже обсуждалось в русскоязычных монографиях и учебниках.

2. Представляется сомнительной целесообразность наличия в диссертации раздела 4 – "Исследования гидродинамических поверхностных процессов в сталеразливочном ковше при продувке металла инертным газом" по следующим причинам:

а) в практике сталеплавильного производства продувку расплава аргоном в ковше давно осуществляют через пористые вставки или пористое днище. Поэтому физическое моделирование продувки через прямоточную или многословую погружную фурму, которому посвящён этот раздел, на мой взгляд, в настоящее время не актуально.

б) физическая модель недостаточно корректно отвечает сути процесса – в модели регистрируются волновые процессы на открытой поверхности воды, в то время как продувка металла в ковше осуществляется под слоем шлака. Наличие на поверхности металла слоя более вязкой жидкости должно существенным образом отразиться на волновых процессах. Это делает результаты моделирования малопригодными для практического использования.

3. Вызывают возражения некоторые положения, подходы и заключения, содержащиеся в тексте диссертации:

а) На стр. 175 диссертации читаем (далее цитаты без исправлений): «Согласно закона Архимеда (закон гидро- и аэростатики), на тело погруженное в жидкость действует выталкивающая сила, приложенная к центру тяжести и направленная вертикально вверх. Данная сила определяется как *произведение плотности тела на ее объем* [329]:

$$F = \rho \cdot V, \quad (6.18),$$

где ρ – плотность частицы, кг/м³; V – объем частицы, м³».

Таким образом, у соискателя учёной степени *масса превратилась в силу*.

И это не описка, так как далее написано: «Жидкие НВ имеют значительно меньшую плотность, чем кристаллические твердые. Следовательно, при равноразмерных жидких и твердых НВ, *на твердые будет действовать большая выталкивающая сила*».

А ещё далее на стр.176: «Следовательно, *твердые кристаллические НВ имеют лучшие условия для всплытия...*».

Оппонент с этими утверждениями категорически несогласен.

б) На стр. 59 диссертации написано: «При обработке экспериментальных данных использовали эмпирически подобранную величину, называемую *линейная обратная сила* всплывающих газовых пузырей, состоящую из контролируемых параметров продувки, оказывающих наиболее существенное влияние на расход вдуваемого газа, которая имеет вид:

$$F_{об} = H_{ф} / S_c P_r, \text{ м/Н.} \quad 2.7)$$

И далее «...Физический смысл состоит в том, что *линейная обратная сила* всплывающих газовых пузырей соответствует *силе на единицу длины*, с которой жидкий металл давит на истекающий из сопел газ и всплывающие газовые пузыри, т.е. соответствует силе, которую необходимо преодолеть при образовании и всплывании газовым пузырям при усреднительной продувке».

Считаю недопустимым такое небрежное отношение к основополагающим и не вызывающим сомнений физическим законам, в частности, закону Архимеда и закону Стокса, фундаментальным понятиям массы, силы, давления, фазы, общепринятым единицам измерения и т.д.

4. Некоторые замечания по тексту диссертации:

Стр. 61: «Лабораторные плавки проводили в нейтральной атмосфере, которая обеспечивалась плавлением шихтовых материалов в графитовом тигле с графитовой крышкой, имеющей отверстие для выхода газов».

Совершенно очевидно, что атмосфера восстановительная, а не нейтральная.

Стр. 92: «При раскислении переоxygenного металла, при избыточном содержании кислорода, образуются в большей степени сложные оксидосиликатные НВ жидкой или жидко-твердой фазы».

Что такое жидко-твёрдая фаза?

Стр. 92: «В настоящее время, применение различных датчиков, зондов, а также всевозможных приборов определения окисленности металла для снятия переоxygenности и оптимизации технологии раскисления, в связи со сложностью процесса и воспроизводимостью результатов, не нашли промышленного применения».

Сейчас без измерения окисленности невозможно уже представить работу современного высокопроизводительного сталеплавильного цеха.

Стр. 94, рис 3.3: *Следовало бы привести уравнения регрессии, коэффициенты корреляции, объяснения цифр у точек, а также: Как можно было получить отрицательную степень усвоения углерода?*

Стр. 95.: Вывод 4. «...при раскислении стали в сталеразливочном ковше в процессе выпуска плавки, как правило, образуются неравновесные НВ в виде жидкой фазы, причиной образования которых является переоxygenность металла».

Причиной отсутствия равновесия является не та или иная концентрация кислорода (это термодинамический параметр), а кинетические факторы.

Стр. 121: «...данная величина соответствует силе на единицу длины, с которой жидкость давит на истекающий из сопел газ, т. е. силе, которую необходимо преодолеть газовым пузырям при образовании и всплывании в процессе продувки металла».

Всплывающие пузыри преодолевают силу трения, определяемую вязкостью жидкости, а не ферростатическое давление.

Стр. 124: «... с учетом особенностей структуры эвтектических сплавов были определены следующие составы интерметаллидов металлической части шихты (таблица 5.1)»

В такой таблице нет и не могло быть по определению интерметаллидов.

Стр. 143: «...кальций оказывает положительное действие на облагораживание покровного шлака, ... что способствует повышению... его рафинировочной способности по ассимиляции неметаллических включений ...».

Надо бы подтвердить, так как это вовсе не очевидно.

Стр. 143: «...при неизменных технологических параметрах выплавки и раскисления стали, а также применения ферросплавов, основное влияние на формирование первичных неметаллических включений оказывает система окислов футеровка – покровный шлак...».

Основное влияние оказывают все-таки раскислители.

Стр. 148. «...при дальнейшем перегреве трансформируются в изолированные комплексы $[\text{Si}_2\text{O}_2]^{+4}$, устойчивых до температур кипения, когда образуются отдельные ионы кремния и кислорода».

При кипении образуются пары вещества, а не отдельные ионы.

Стр. 152. «...в результате химического воздействия (раскисление) происходит процесс активации шлака с образованием структурных ионно-молекулярных компонентов (сим-комплексы), которые и вступают в химические взаимодействия с примесными элементами жидкой стали. Освободившиеся ионы кислорода преобразуются в молекулы и удаляются в атмосферу (вакуум)».

Вряд ли такое возможно.

Стр. 155: «...средний балл равен нулю». *Значит, балл бывает и отрицательным?*

Стр. 155: «...стекловидной формы...». *Какая же форма у стекла?*

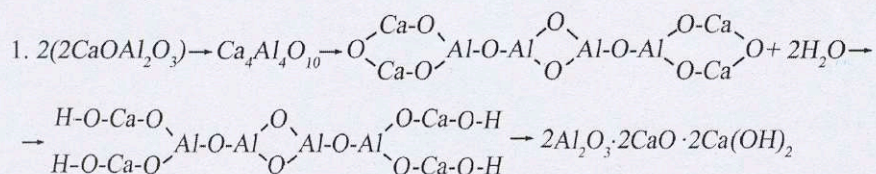
Стр. 155: «...измельчаются методом растрескивания». *Что же такое растрескивание при обработке давлением.*

Стр. 155: «К крупным (глобулярным) недеформированным силикатам следует отнести НВ, которые имеют близкую к округлой форму, не изменяю-

щуюся в процессе пластической деформации, т.е. не разрушаются и не деформируются, ..., а их глобулярная форма позволяет исключить образование остроугольных поверхностей, являющихся концентраторами образования внутренних напряжений, микротрещин».

Крупные недеформируемые глобулы являются самыми опасными концентраторами напряжений и центрами зарождения трещин.

Стр. 178-179: « ... механизм адсорбции водно-водородных газов представлен в следующем виде:



Это не механизм адсорбции, а формула химической реакции.

Стр. 200. Рис. 7.10 и 7.11. *Что такое точки на расчетных кривых?*

Стр. 201- 210. *Ещё один обзор литературы?*

Стр. 226. Теория активированных шлаковых систем.

Что это за теория, кто её разработал? Нет ссылки.

Стр. 227. «Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о десульфуряющей возможности шлако-металлических смесей SiCa + Al и SiCa + CaF₂ (соответственно 7,1 и 6,7 %) и значительной дефосфорирующей способности SiCa + CaF₂ и SiCa + CaO (соответственно, 24,0 и 23,2 %)»

Что такое способность, откуда проценты?

Стр. 241-243. Усвоение кальция, содержание [Ca], Δ[Ca] и [Al]. *Что такое содержание кальция и алюминия в металле. Как их определяли?*

Стр. 287,288. Подпись к рис. 9.15. «Характерный вид ликвации на границах кристаллитов углерода, марганца, карбидов Nb, V и неметаллических включений»

Что за ликвация карбидов и включений?

Публикации и автореферат. Содержание диссертации в достаточной степени раскрыто в монографиях, докладах на представительных научных конференциях и семинарах, а также в статьях, опубликованных в рецензируемых изданиях. Автореферат диссертации соответствует диссертации и также в достаточной мере раскрывает ее содержание.

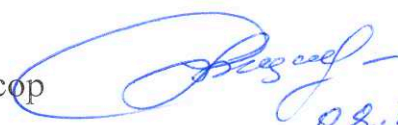
Заключение. Диссертация Бабанина А.Я. является законченным самостоятельным научным исследованием, посвященным достаточно актуальной проблеме. Она содержит некоторые новые научно-обоснованные решения по созданию комплекса технологических операций выплавки, внепечной обработки и разлива стали, позволяющего производить сталь необходимого качества.

В этом отношении она соответствует требованиям п. 2.2.1 Положения о присуждении учёных степеней (изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие Донецкой Народной Республики) к докторским диссертациям.

В то же время в диссертации имеются серьёзные недостатки, отмеченные выше в замечаниях. Кроме того, для меня остаётся недостаточно ясным вопрос о роли диссертанта в разработке или усовершенствовании использованных им в диссертации методов расчёта, в частности, по теории модели гармоничных структур (МГС) фаз. Поскольку я не имел возможности детально обсудить все имеющиеся научные вопросы с диссертантом при личной встрече, не имею достаточной информации о его личном вкладе не только в решение практических вопросов в условиях производства, что не вызывает сомнения, но и в развитии теоретических положений, использованных в работе, то у меня нет и твёрдой уверенности в окончательном решении.

Считаю, что вопрос о том, заслуживает ли соискатель, Бабанин Анатолий Яковлевич, присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – металлургия черных, цветных и редких металлов, должен решить диссертационный совет по результатам обсуждения, в том числе сделанных замечаний и поставленных в этом отзыве вопросов, во время защиты.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор


В.Е. Рошчин
08.12.2016

Рошчин Василий Ефимович

Служебный адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Ленина, д. 76, ФГОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), кафедра пирометаллургических и литейных технологий

Телефон: 8 (351) 267-91-61 E-mail: roshchinve@susu.ru

Я, Рошчин Василий Ефимович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в данном документе




руководящий документовед
О.В. Гришина