

## РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу Макаева Талгата Саятұлы

**«Исследование и разработка технологии выплавки ферросиликоалюминия из сырья Куу-Чекинского угольного месторождения»,** представленную на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D070900 - «Металлургия»

### 1. Актуальность избранной темы

В диссертационной работе Макаева Т. С. проведен анализ залегания угленосных и углепородных пластов месторождения «Куу-Чекинское», а также проведены исследования физико-химических свойств высокозольных разновидностей углей. Это является важным в связи с тем, что планируется строительство Карагандинского завода комплексных сплавов, для работы которого необходима своя сырьевая база. В частности для выплавки сплава ферросиликоалюминий (ФСА) нужны высокозольные угли зольностью 45-60% и с содержанием в золе 58-65% кремнезема и не менее 25% оксида алюминия. Поэтому исследование соответствия углистого сырья ближайшего к заводу угольного месторождения «Куу-Чекинский» применительно к выплавке ФСА является актуальным.

Немаловажным является расширение рынка сбыта продукции – сплава ФСА не только на территории СНГ, но и в странах дальнего зарубежья. Это предполагает необходимость проверки эффективности нового сплава проведением промышленных испытаний для раскисления не только рядовых и низколегированных, но и легированных марок сталей.

Также отмечается, что, несмотря на промышленное освоение технологии выплавки ФСА все еще не установлен механизм и области составов сплава, имеющих склонность к рассыпанию, что существенно снижает технико-экономические показатели производства.

### 2. Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

Приведенные в диссертации результаты по исследованию физико-химических свойств были получены с использованием стандартных и проверенных методик и не вызывают сомнения. Сделанные выводы подтверждаются лабораторными исследованиями по изотермической прокалке куучекинского угля и полученными данными рентгенофазового анализа, а также результатами крупно-лабораторных испытаний по выплавке сплава ФСА.

Теоретические исследования по триангуляции системы Fe-Al-Si полностью подтверждаются экспериментальными наблюдениями и с достаточной степенью достоверности показывают на известный «лебойтный» механизм рассыпания сплава ФСА аналогично рассыпанию ферросилиция с содержанием кремния 50-60%.

Полученные результаты лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний подтверждают эффективность сплава ФСА при обработке легированных марок сталей Cr40 и 30CrNi<sub>2</sub>Mo.

### **3. Новизна научных результатов**

В диссертационной работе к новизне научных результатов относятся:

- проведенные сравнительные физико-химические и электрофизические исследования высокозольных углей месторождения «Куу-Чекинский», в ходе которых было установлено их соответствие требованиям для выплавки ФСА;
- установленный механизм фазовых превращений в объеме куучекинского высокозольного угля и температуры начала газификации диоксида кремния, образования карбида кремния и муллита;
- анализ металлической системы Fe-Al-Si применительно к промышленным составам сплава ФСА с определением области совместной кристаллизации метастабильной фазы лебоита ( $FeSi_2$  В) и тройного соединения  $FeAl_3Si_2$ . Установлено, что разрушение сплавов в этой области происходит вследствие ликвации и последующей перекристаллизации фазы ( $FeSi_2$  В) с увеличением объема;
- проведенные крупно-лабораторные испытания в электропечи мощностью 200 кВА по выплавке высококремнистых марок ФСА из куу-чекинских углей. Были установлены оптимальные технологические режимы выплавки сплава ФСА марок ФС65А10 и ФС65А15;
- результаты опытно-промышленных испытаний по обработке легированной стали марки 40Cr сплавом ФСА взамен ферросилиция и металлического алюминия в условиях металлургического завода специальных сталей (г. Xinin, КНР). Было установлено сравнительное повышение полезного использования кремния и алюминия из ФСА и высокая экономическая эффективность сплава.

Металлургическая оценка куу-чекинских углей применительно к выплавке ФСА, установление механизма разрушения отдельных составов сплава марок ФС45А15 и ФС45А20, а также использование ФСА для обработки легированных марок сталей проведены впервые, поэтому эти исследования соответствуют критерию новизна научных результатов.

### **4. Практическая значимость**

В диссертационной работе получены следующие результаты:

- лабораторными исследованиями и крупно-лабораторными испытаниями определено соответствие углистого сырья «Куу-Чекинский» угольного месторождения для выплавки сплава ФСА, в частности высококремнистых марок. Соответственно близость месторождения от завода ТОО «КЗКС» будет способствовать снижению расходов на транспортировку сырья;
- определена область составов сплава ФСА, подверженных рассыпанию. Это позволит выплавлять сплавы только стабильного состава и соответственно повысить технико-экономические показатели производства;

- положительные результаты опытно-промышленных испытаний использования ФСА для обработки легированных марок сталей в условиях завода в г. Xinin (КНР) показали эффективность сплава ФСА при раскислении легированной марки стали Cr40. Установлено, что полезное использование алюминия и кремния при использовании ФСА составило на 9,93% и 13,28% выше, нежели по традиционной технологии с применением ферросилиция.

## **5. Достоверность и обоснованность**

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов подтверждается результатами проведенных экспериментальных лабораторных исследований, крупно-лабораторных испытаний по выплавке ФСА и опытно-промышленных испытаний при раскислении стали.

- **Соответствие принципам самостоятельности** при выполнении диссертационной работы является проведенный диссидентом анализ литературных данных, проведенных теоретических и экспериментальных исследований, подтвержденных в опубликованных статьях и актах проведенных испытаний.

- **Соответствие принципам внутреннего единства** подтверждается последовательным изложением при выполнении поставленной в работе цели и задачам. В работе прослеживается взаимная связь теоретических исследований с полученными результатами экспериментальных исследований. Представленные главы диссертации обладают внутренним единством и в полной мере отражают тематику диссертационной работы.

- **Академическая честность** при выполнении диссертационной работы подтверждается наличием литературных ссылок на ранее проведенные исследования и публикаций коррелирующие с направлением представленной диссертации. Все приведенные теоретические выводы и экспериментальные результаты представлены в сравнении с известными литературными данными.

## **6. Недостатки по содержанию диссертации**

1. При крупно-лабораторных испытаниях выплавлялся сплав ФСА марки ФС65А10 и ФС65А1, тогда как для раскисления стали целесообразнее использование ФСА с содержанием кремния 50-55% и алюминия 15-20%. С чем это связано и в чем преимущества высококремнистых марок сплава.

2. При выплавке высококремнистых марок ФСА из куу-чекинских углей в печи 200 кВА диссидентом сделан вывод о том, что необходимо поддерживать избыток углерода в шихте 10-15%, тогда как в исследовательских работах сотрудников ХМИ им. Ж. Абишева наоборот рекомендуется поддерживать недостаток углерода 3-5% в составе шихты. Как объясняется данное не соответствие.

3. В связи с чем опытно-промышленные испытания по раскислению стали проводились в условиях КНР, в чем причина необоснованных затрат на проведение испытаний.

## **7. Заключение**

Указанные замечания не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы. Диссертационная работа Макаева Т.С. является завершенной научной работой, выполненной на актуальную тему, содержащую новые теоретические и практические результаты и решения. Реализация поставленных в диссертационной работе задач позволила дать положительную металлургическую оценку применимости Куу-Чекинского угля и разработать технологию выплавки высококремнистых марок ФСА. Определить механизм и области составов сплава, подверженных рассыпанию, а также установить возможность использования ФСА для обработки легированных марок сталей.

Считаю, что рецензируемая диссертационная работа в полной мере отвечает требованиям, которые предъявляются к диссертациям на соискание степени PhD, а её автор Макаев Талгат Саятұлы заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900-«Металлургия».

### **Рецензент:**

Директор института АО «Казчерметавтоматика», докт. техн. наук, профессор,  
Лауреат Государственной премии РК в области науки,  
техники и образования, кавалер ордена «Курмет»

Намазбаев Т.С.

