

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Байдина Вадима Викторовича «Развитие технологических основ ресурсосберегающего производства катаных мелющих шаров повышенной твердости и ударной стойкости», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа В.В. Байдина посвящена совершенствованию технологических процессов производства катаных мелющих шаров повышенной твердости и ударной стойкости. Интенсивное развитие горнодобывающей отрасли в нашей стране и за рубежом предъявляет все более высокие требования к агрегатам технологической цепочки производства руды. Мелющие шары применяются в качестве измельчающей среды в барабанных мельницах. Повышение требований потребителей к основным характеристикам качества мелющих шаров, а именно к их поверхностной и объемной твердости, устойчивости к абразивному износу и ударным нагрузкам обусловлено тем, что удельный расход шаров оказывает значительное влияние на себестоимость руды и, как следствие, на себестоимость продукции металлургических производств. Поэтому исследования, направленные на разработку ресурсосберегающих технологий производства мелющих шаров с высокими эксплуатационными характеристиками, бесспорно являются **актуальными**.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением» по следующим пунктам:

- п. 1 «Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов обработки металлов, сплавов и композитов давлением»;

- п. 2 «Исследование процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования»;

- п. 4 «Оптимизация способов, процессов и технологий обработки металлов давлением для производства металлопродукции с целью повышения характеристик качества продукции»;

- п. 6 «Разработка способов, процессов и технологий для производства металлопродукции, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий».

Степень достоверности результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается сопоставимостью результатов теоретических исследований с результатами промышленных экспериментов. Кроме того, результаты исследований подтверждены эффективностью разработанных технологических решений по результатам их опытно-промышленного опробования и внедрения в условиях действующего металлургического производства.

Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на многочисленных конференциях российского и международного уровня.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 145 наименований и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность решаемой научно-технической задачи, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель, задачи работы, описана методология и методы исследования, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая ценность и приведены данные об апробации, публикациях и структуре диссертации.

В первой главе представлены результаты литературного обзора и анализа современного состояния научно-технической задачи. Рассмотрены тре-

бования, предъявляемые к параметрам качества и характеристикам мелющих шаров, рассмотрены технологические схемы и оборудование для их производства. Описаны направления совершенствования технологий производства катаных мелющих шаров, в частности результаты работ российских и зарубежных ученых и производственных компаний по подбору химического состава сталей и режимов термомеханической обработки. Представлен анализ опыта применения математического моделирования для совершенствования технологии производства мелющих шаров.

Вторая глава посвящена исследованию и разработке энерго- и металлосберегающих режимов производства мелющих шаров повышенной твердости и ударной стойкости.

Представлены результаты комплексного исследования технологии производства мелющих шаров в условиях действующего стана 40-100, в результате которых установлено, что на повышение твердости термообработанных шаров, как поверхностной, так и на глубине $\frac{1}{2}$ радиуса, а также на увеличение их ударной стойкости наибольшее относительное влияние оказывает повышение температуры их прокатки.

Представлены результаты САЕ-моделирования процесса поперечно-винтовой прокатки шаров диаметром 60 мм по действующей калибровке, в частности представлены результаты расчета температурных полей и полей напряжений. По результатам моделирования установлен механизм влияния температуры прокатки мелющих шаров на показатели их твердости и удароустойчивости, что позволило автору предложить рациональную температуру нагрева заготовок под прокатку.

На основе комплексного подхода к исследованию технологии производства мелющих шаров в условиях стана 40-100, включающего статистический анализ влияния параметров производства мелющих шаров на их твердость и ударную стойкость, компьютерное моделирование процесса прокатки и охлаждения перед закалкой, металлографические и дюрOMETрические исследования, разработан оптимизированный химический состав стали и обоснован рациональный энерго- и металлосберегающий температурный режим производства мелющих шаров 4-ой группы твердости по ГОСТ 7524-2015.

Представлены результаты опытно-промышленного опробования разработанного режима прокатки шаров из стали оптимизированного химического состава, показавшие снижение отбраковки мелющих шаров, а также снижение удельных расходов электроэнергии и прокатных валков.

Третья глава посвящена разработке нового химического состава сталей для производства мелющих шаров повышенной объемной твердости и ударной стойкости и исследованию сопротивления пластической деформации сталей экспериментального химического состава.

На основе обобщения мирового опыта производства мелющих шаров и собственных исследований автора, предложен ряд новых марок стали для их производства. Результаты представленных экспериментальных исследований показали принципиальную возможность производства мелющих шаров 5-ой группы твердости по ГОСТ 7524-2015 из сталей опытного химического состава.

Представлены результаты исследования влияния химического состава, температуры, степени и скорости деформации на сопротивление деформации экспериментальных шаровых сталей. По результатам исследований получены аналитические зависимости сопротивления деформации от указанных параметров, пригодные для инженерных расчетов при разработке и совершенствовании режимов прокатки из разработанных марок стали.

В четвертой главе приводятся результаты разработки и опытно-промышленного опробования технологических режимов производства мелющих шаров высокой объемной твердости и ударной стойкости.

В частности, подтверждена возможность производства мелющих шаров высокой объемной твердости диаметром до 100 мм из экономнолегированной стали Ш76ХФ.

Представлена новая калибровка валков для прокатки шаров диаметром 100 мм с непрерывно-изменяющейся высотой реборды. Эффективность указанной калибровки подтверждена результатами компьютерного моделирования интенсивности напряжений на поверхности шаров и результатами опытно-промышленной прокатки шаров.

Приведены результаты экспериментальных исследований, проведен-

ных в лабораторных и промышленных условиях, по совершенствованию параметров термообработки шаров. Обоснована оптимальная температура охлаждающей воды не выше 25°C при закалке шаров из стали Ш76ХФ.

В целом показано, что разработанные технологические режимы производства мелющих шаров диаметром 100 мм из предложенной марки стали Ш76ХФ позволяют производить мелющие шары 5-й группы твердости по ГОСТ 7524-2015.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Результаты исследований широко опубликованы в научной печати и апробированы на конференциях различного уровня.

Новизна и практическая значимость результатов исследований

Основными разработками автора, имеющими существенную научную новизну и практическую значимость, вносящими существенный вклад в развитие теории и технологии прокатного производства, являются следующие.

В части **научной новизны** наиболее ценным представляются следующие разработки автора:

- новые знания о влиянии температуры деформации и параметров калибровки валков при поперечно-винтовой прокатке шаров различного химического состава на формирование схемы напряженного состояния металла и величину максимальных напряжений в локальных зонах контакта поверхности шаров с ребордой валков;

- результаты исследований сопротивления деформации, предложенных для производства шаров марок стали, при достаточно широком изменении термомеханических параметров деформации.

Существенной **практической значимостью** обладают следующие результаты диссертационного исследования:

- оптимизированный химический состав марок стали, применяемых в настоящее время для производства мелющих шаров, и температурный режим прокатки, обеспечивающие повышение показателей твердости и ударной стойкости шаров при одновременном снижении расходов электроэнергии и прокатных валков;

- новая калибровка валков шаропрокатного стана для производства мелющих шаров большого диаметра;

- режимы прокатки и термомеханической обработки мелющих шаров из экономнолегированной стали экспериментального химического состава, обеспечивающие получение шаров повышенной объемной твердости и ударостойкости.

Следует отметить, что результаты исследований, приведенные в диссертации, могут быть эффективно реализованы для разработки новых ресурсосберегающих технологий производства катаных мелющих на аналогичных станах поперечно-винтовой прокатки.

Вместе с тем по работе имеются **замечания и вопросы**.

1. Результатами исследований, представленных в главе 2, являются оптимизированный химический состав стали и оптимальный температурный режим производства мелющих шаров. Процедура оптимизации предполагает выделение цели оптимизации, формирование критерия оптимальности, соответствующего выбранной цели. Критерий, как метод (способ) принятия решения, должен включать целевую функцию и правило принятия решения. Если цель оптимизации понятна, то критерий оптимальности в диссертации не приведен. В этом случае корректно говорить о разработке не оптимальных, а рациональных химического состава и температурного режима производства.

2. В главе 3 представлены результаты экспериментальных исследований «... целью которых являлось определение основных закономерностей изменения структуры стали в процессе деформации и последующей термообработки для выбранных вариантов химического состава стали». Исходный слиток диаметром 6,2 мм нагревали и прокатывали в круглом калибре, а затем проводили закалку в воде и низкий отпуск полученных раскатов. Однако режимы прокатки в диссертации не приведены. Поэтому сложно судить о вкладе деформации в изменение структуры. По мнению автора, является ли существенным влияние параметров деформации, в рамках проведенного экспери-

ментального исследования, на изменение структуры и, как следствие, свойств?

3. При описании условий эксперимента (стр. 75-76) указана температура нагрева под прокатку 1000 °С. Однако не указана температура окончания прокатки (температура под закалку). Осуществлялся ли контроль указанной температуры?

4. В названии диссертации заявлено о развитии ресурсосберегающих технологий производства мелющих шаров. Результатами же диссертации являются новые марки стали и калибровка валков шаропрокатного стана, применение которых приводит к увеличению энергозатрат на прокатку как шаровой заготовки (см. рисунок 4.2 и 4.5), так и собственно шаров (см. рисунок 4.6), а также к увеличению удельного расхода валков (см. таблицу 4.7). В чем же заключается эффект ресурсосбережения?

5. Замечания по оформлению диссертации:

- на стр. 14 приведен рисунок 1.1, содержащий ряд кривых, которые пронумерованы, однако расшифровка нумерации отсутствует;
- на рисунке 1.6 (стр. 29) нет расшифровки позиции 10;
- в тексте диссертации имеется весьма незначительное количество орфографических и пунктуационных ошибок, а также опечаток.

Указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости работы и полученных в диссертации результатов исследований.

Заключение

Анализ материалов, представленных в диссертации и автореферате, позволяет сделать следующее заключение.

Диссертация Байдина В.В. актуальна, содержит научную новизну, обладает практической значимостью и является законченной научно-квалификационной работой. Материалы диссертации достоверны, достаточно апробированы и опубликованы в научной печати. Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением. Основные результаты диссертации Байдина В.В. направлены на решение значимой научной-технической задачи, связанной с развитием теории и тех-

нологии эффективного производства катаных мелющих шаров. Результаты работы имеют важное значение для горнодобывающей, металлургической и других отраслей экономики Российской Федерации.

В целом диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Байдин Вадим Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Байдина Вадима Викторовича и их дальнейшую обработку.

Шварц Данил Леонидович,
заведующий кафедрой обработки металлов
давлением Федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина»,
доктор технических наук, доцент

Подпись Шварца Д.Л. удостоверяю:

31 ОКТ 2025

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.



Специальность, по которой была защищена диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук - 05.16.05 — Обработка металлов давлением

Телефон: +7 (343) 375-44-37, E-mail: d.l.shvartc@urfu.ru

620002, Уральский федеральный округ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Телефон +7 (343) 375-44-44, E-mail: rector@urfu.ru