

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор - проректор
по научной работе ФГБОУ ВО
«Самарский государственный
технический университет»,
профессор, д-р техн. наук

Непашев Максим Владимирович
«17» октября 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» на диссертацию Сулицина Андрея Владимировича «Развитие теоретических и технологических основ производства литых заготовок из электротехнической меди», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство

Актуальность работы

В условиях современного заготовительного производства большое значение приобретает комплексный подход к решению задачи повышения качества производимой продукции для различных отраслей промышленности. Медь является одним из основных электротехнических материалов, объемы производства которых постоянно возрастают. Значительная часть меди используется для производства катанки. Медная катанка производится в основном совмещенными способами непрерывного литья и прокатки. Качество катанки в значительной степени определяется качеством литой заготовки. Поскольку требования потребителей к качеству медной катанки постоянно растут, то возникает необходимость проведения разносторонних исследований, направленных на совершенствование технологического процесса производства катанки. В условиях совмещенного процесса непрерывного литья и прокатки большое значение имеет структура, свойства, физическая и химическая однородность литой заготовки, которые оказывают наследственное влияние на качество электротехнической продукции. Формирующаяся в условиях интенсивного теплоотвода

транскристаллитная структура литой заготовки неблагоприятна для пластической обработки, а возникающие при литье и пластической обработке дефекты снижают технологичность обработки и качество готовой продукции. В этой связи проведение комплексного исследования особенностей формирования структуры и свойств литых заготовок из меди и влияния внешних воздействий на кристаллизирующийся расплав для совершенствования технологии производства литых заготовок с целью повышения качества изделий из электротехнической меди является актуальной задачей.

Значимость результатов, полученных автором диссертации, для науки

Результаты диссертационной работы Сулицина А.В. расширяют современные представления об особенностях формирования структуры и свойств литых заготовок из меди в условиях высоких скоростей охлаждения и внешних воздействий на кристаллизирующийся расплав при непрерывном литье.

Автором установлена степень анизотропии формоизменения и твердости в поперечном, продольном и горизонтальном сечениях непрерывнолитых заготовок, получаемых в ленточном водоохлаждаемом кристаллизаторе, позволяющая выполнить оценку пластического течения металла в калибрах прокатного стана, которое происходит преимущественно вдоль направления роста столбчатых зерен.

В работе определен температурный диапазон 1250...1320 °С, в котором происходит процесс изменения структуры жидкой меди, позволяющий скорректировать температурный режим приготовления меди.

Диссертантом экспериментально установлено, что наибольший эффект в измельчении кристаллического зерна в слитках из кислородсодержащей меди наблюдается при использовании в качестве модификатора редкоземельных металлов, включающих La, Ce, Pr, Nd. Наблюдаемые эффекты автором объясняются за счет протекания в расплаве меди реакций между редкоземельными металлами, оксидом и сульфидом меди с образованием устойчивых оксидов и сульфидов редкоземельных металлов.

Автором обосновано оптимальное количество такого модификатора для меди марок М00 и М1, обеспечивающее высокую степень измельчения кристаллического зерна. Предложено объяснение, что в меди одновременно реализуются механизмы модифицирования I и II рода. При этом для меди марки М00 превалирует механизм модифицирования, связанный со стабилизацией и ростом упорядоченных группировок (кластеров), которые усиливают микронеоднородность расплава и способны стать центрами кристаллизации. Для меди марки М1 доминирует зародышевый механизм в связи с участием большего количества примесей.

Установлена корреляционная зависимость доли столбчатых кристаллов, средней площади зерна, среднего размера дендритной ячейки, предела прочности на растяжение, относительного удлинения и твердости от частоты и амплитуды вибрационной обработки расплава меди при наполнительном литье. Установленные зависимости позволили определить наиболее эффективные параметры вибрации, обеспечивающие наименьшие значения параметров структуры и, в конечном итоге, повышение механических свойств литых заготовок.

Диссертантом по результатам термографирования прямоугольного слитка размером 120x70 мм, полученного в ленточном водоохлаждаемом кристаллизаторе, выявлены важные положения: для разных направлений сечения непрерывнолитой заготовки интенсивность нарастания твердой корочки отличается незначительно; при этом перепад температур в горизонтальном сечении превышает таковой в вертикальном сечении; это свидетельствует о большой вероятности образования горячих трещин на боковой грани заготовки вследствие возникновения термических напряжений.

Автором экспериментально установлено, что для исключения образования в непрерывнолитых медных заготовках газовых пор размером более 50 мкм содержание водорода в расплаве не должно превышать 0,84 ppm.

Достоверность результатов проведенных исследований, выводов и рекомендаций основывается на использовании современных методов физико-химических исследований – спектрального, микрорентгеноспектрального,

растровой электронной микроскопии, оптической микроскопии с применением современного программного обеспечения. Для обработки полученных экспериментальных данных использованы методы математической статистики. Основные положения и выводы подтверждены актами опытно-промышленных испытаний и внедрения на ряде промышленных предприятий.

Значимость результатов, полученных автором диссертации, для практики

Диссертантом предложено использование для обработки расплава меди комплексного модификатора, включающего La, Ce, Pr, Nd и обеспечивающего формирование мелкокристаллической и однородной структуры, а также повышение механических свойств по всему сечению литой заготовки.

Автором установлены и обоснованы технологические параметры вибрационного воздействия на расплав меди в процессе кристаллизации и затвердевания слитков, позволяющие получить мелкокристаллическую структуру и высокий уровень механических свойств.

В работе установлены основные причины образования водородной пористости, неслитин, трещин в непрерывнолитой заготовке и выданы рекомендации по снижению литейного брака. На основании экспериментальных данных определена глубина лунки жидкого металла при различных технологических параметрах литья.

Полученные результаты исследования позволили скорректировать технологический регламент непрерывного литья меди в ленточный кристаллизатор и существенно повысить качество непрерывнолитой заготовки благодаря снижению количества газовых дефектов и уменьшению их среднего размера, а также исключения образования неслитин на поверхности литой заготовки.

Предложенный технологический регламент плавки и литья меди позволил увеличить долю качественной катанки, пригодной для тонкого волочения.

На основании проведенных исследований предложены технологические решения в области непрерывного и полунепрерывного литья заготовок из меди, позволяющие повысить качество литых заготовок и полуфабрикатов из меди, апробированные и внедренные на ОАО «Ревдинский завод по обработке цветных металлов», ЗАО «СП «Катур-Инвест» и ООО «Производственное объединение «Пермский завод цветных металлов».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

К основным рекомендациям в данной работе следует отнести следующие:

- для измельчения макро- и микроструктуры меди марок М00 и М1 необходимо применять модифицирование расплава добавками миш-металла в количестве 0,003...0,008 мас. %;

- для предотвращения формирования столбчатых кристаллов в структуре меди, повышения изотропности и уровня механических свойств литых заготовок необходимо применять вибрационную обработку расплава меди в процессе кристаллизации и затвердевания с частотой $\nu=18...19$ Гц и амплитудой $A=1,4...1,6$ мм;

- для исключения образования газовых пор размером более 50 мкм в непрерывнолитых заготовках содержание водорода в расплаве не должно превышать 0,84 ppm;

- для производства катанки, пригодной для изготовления проволоки диаметром менее 0,15 мм, рекомендован технологический регламент непрерывного литья заготовки из меди марки М00 прямоугольного сечения размером 120x70 мм в ленточный кристаллизатор со следующими параметрами: температура литья 1130...1140 °С, скорость литья 10,4...10,5 м/мин, температура охлаждающей воды, подаваемой на ленты 25...30 °С, температура блоков кристаллизатора 110...118 °С, подача воздуха в расплав не осуществляется, для контроля уровня расплава в литейном желобе используется азот газообразный особой чистоты.

Указанные рекомендации могут быть использованы всеми предприятиями, выпускающими полуфабрикаты из меди.

Замечания по диссертации

По работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Почему в задачах работы указывается только одна марка меди М00?

2. В работе приводятся многие, в какой-то мере оригинальные, результаты по модифицированию меди. В то же время не приводится классификация модифицирования по Мальцеву М.В. (род – 2, вид – 3). В итоге непонятна позиция автора работы по механизмам модифицирования меди добавками Mg, Ti, Al-Ti-B, PЗМ.

3. Почему-то отсутствует глава (раздел) по методике исследования. В работе не приводится информация о шихтовых металлах, плавильных печах, параметрах обработки жидкой меди и т.д.

4. В разделе 2.4 (и ранее) не приведены ссылки на работы Ловцова Д.П. и Крушенко Г.Г., которые одни из первых в СССР исследовали влияние ТСО (ТВО) на алюминиевых сплавах.

5. Как определяли переохлаждение при кристаллизации М00 и М1? И чем объясняются высокие значения ΔT (15...30 °C)?

6. По главе 3 ряд таких замечаний:

- ссылка по модифицированию [155] – это работа специалистов по ОМД (не очень убедительно);

- ссылки по наследственности шихтовых металлов [78, 157] – это работы физиков, нет ни одной ссылки на известные работы по наследственности Самарских литейщиков;

- чем объясняется выбор используемых модификаторов и в каком виде вводили титан в жидкую медь, не приведен состав миш-металла;

- в выводах указываются механизмы модифицирования (кристаллизации): для М00 «механизм гетерогенизации расплава», для М1 – «зародышевый» (необходимо пояснить).

7. К общим замечаниям следует отнести: много рисунков с одной линией (нет обобщений); в заключении в основном повторение выводов по

главам; перегруженное Приложение (43 с., много повторов); излишнее повторение очевидных фактов (например, целесообразность измельчения структуры слитка); излишне много литературы по стали и мало ссылок на работы по цветным металлам и сплавам.

Заключение

Приведенные замечания и вопросы не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы Сулицина А.В., которая выполнена на актуальную и важную для промышленности тему и содержит научные и обоснованные технологические решения в области непрерывного и полунепрерывного литья заготовок из меди, позволяющие существенно повысить качество литых заготовок и полуфабрикатов.

Диссертационная работа основана на результатах теоретического анализа и обширных экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методик и приборной техники. Научные положения, выводы и рекомендации аргументированы, достоверны, согласуются с общепринятыми теориями строения жидких металлов и закономерностями процессов кристаллизации металлов и сплавов и подтверждаются экспериментальными данными.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, ее основные результаты и выводы. Результаты работы в достаточной степени освещены в публикациях, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК, и в опубликованной монографии, доложены на многих научных конференциях.

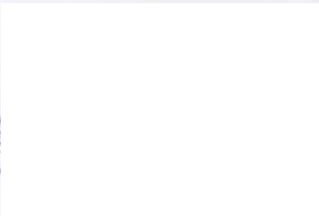
Совокупность полученных в работе научных и практических результатов позволила автору решить актуальную научно-техническую проблему формирования заданных структуры и свойств литых заготовок из электротехнической меди для дальнейшей пластической обработки и получения изделий высокого качества.

Диссертационная работа Сулицина А.В. является крупной научно-квалификационной работой, решающей важную и актуальную научно-техническую проблему в области литья заготовок из меди разной чистоты и содержащей новые технологические решения, внедрение которых в производство вносит существенный вклад в развитие промышленности

страны, отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Сулицин Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Диссертационная работа Сулицина А.В. рассмотрена на расширенном научном семинаре кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» СамГТУ (протокол № 1 от 16.10.2017 г.).

Заведующий кафедрой «Литейные и высокоэффективные технологии», профессор, доктор технических наук


Никитин
Владимир Иванович

16.10.2017 г.