

многими мировыми организациями и аналитиками рост населения планеты и укрепление устойчивого экономического развития потребуют уже к 2020 г. увеличения в 2 раза мирового энергообеспечения по сравнению с сегодняшним уровнем, а к 2050 г. эти потребности возрастут в 3 раза. В условиях истощения традиционных органических энергоресурсов, остро стоящих экологических проблем позиции ядерной энергетики укрепляются после наблюдавшегося в 90-е годы прошлого столетия застоя в ее развитии.

В конце апреля 2005 г. Д. Буш выступил за пересмотр долгосрочной энергетической стратегии США. По мнению американской администрации, развитие атомной энергетики является единственной реальной альтернативой зависимости экономики США от масштабного наращивания импорта нефти и газа. Буш предложил американским Минэнерго и конгрессу разработать новую, упрощенную схему лицензирования строительства АЭС, которая уменьшила бы неопределенность для тех, кто намерен инвестировать в новые станции. Ставка Вашингтона на АЭС позволит увеличить долю ядерной энергетики в выработке электроэнергии в США с 20% в 2003 г. до 30-35% в 2020 г.

Меняется отношение к ядерной энергетике и в Великобритании. Если в 2003 г. в национальной энергетической стратегии для снижения выбросов без ущерба для спроса рекомендовалось увеличить импорт газа, то в 2004 г. подход изменяется, началом чего стало выступление премьер-министра Т. Блэра в парламентском комитете в июле 2004 г.: "Я долго и упорно боролся за сохранение варианта с атомной энергией, убеждал членов своей партии и общественность". "Отказ от ядерной энергетики может привести к чрезмерной зависимости от импорта энергоносителей в будущем", - считает председатель по энергетике Института гражданских инженеров Д. Андерсон. [5]. Директор центра исследования общественного мнения MORI (Англия) Р. Найт на конференции Ядерной ассоциации в декабре 2004 г. отмечал, что отношение общественности и членов английского парламента к ядерной энергии является весьма положительным [6, р.24-25]. Таким образом, весной 2005 г. сразу два правительства стран "большой семерки" поддержали идею усилить роль атомной энергетики в ТЭК своих стран.

Общественное мнение начало меняться в сторону поддержки атомной энергетики. И хотя еще сильны выступления определенных кругов против развития отрасли, здравый смысл все-таки побеждает. Это означает, что потребуются строительство нескольких сотен ядерных реакторов и соответствующего наращивания производства ядерного топлива, подготовки значительного числа новых кадров для атомной отрасли, обязательного учета общественного мнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докторов Б. З., «Обогащенное общественное мнение: понятие, социальная практика, опыт изучения» //Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены; 27.09.2004; 003.

2. Fishkin J. S., Democracy and Deliberation: New Directions for Democratic Reform. New Haven, 1991.

3. Ackerman B.; Fishkin J. S. Deliberation Day. New Haven. 2004.

4. Дьякова И. Энергия России. Не забывая о Чернобыле. Атомная энергетика на новом этапе. – Труд, 2003, 17 января; Татарстан остался открытым мирному атому. - Вести Отечества (Альянс Медиа); 16.03.2005; 10.

5. Российский научный центр «Курчатовский институт». РНЦ "КИ". Центр общественной информации РНЦ "КИ". Ядерная энергия, человек и окружающая среда. № 3, март, 2005; <http://www.kiae.ru/rus/new/nti/ma05.htm>

6. Robert Knight. What do the polls tell us? - Nuclear Engineering International. Dartford: April 2005. Vol. 50, Iss. 609.

Работа представлена на III научную конференцию с международным участием «Производственные технологии», 3-10 сентябрь 2005г. Римини (Италия). Поступила в редакцию 22.10.2005г.

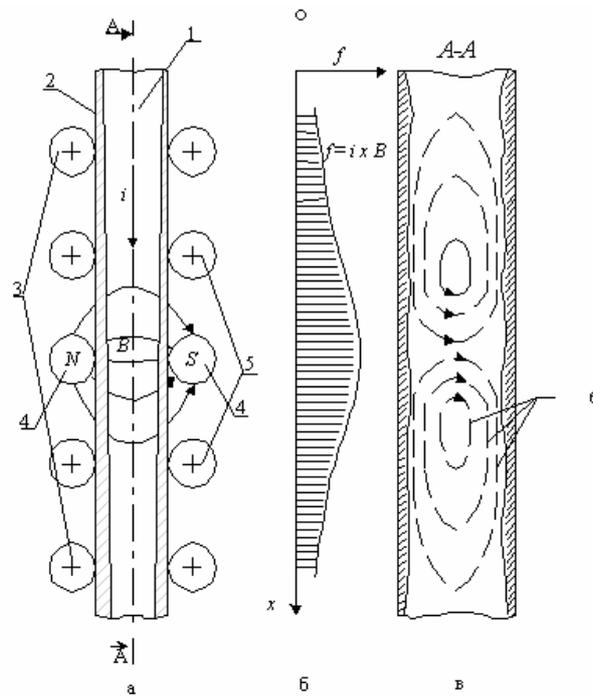
#### МЕТОДОЛОГИЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ КОНДУКТИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Кабаков З.К., Самойлович Ю.А., Чирихин В.Ф.

В 2004 г. Россия произвела 65 млн. тонн стали. При этом 57 % жидкой стали разлито на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). В наиболее развитых странах эта величина составляет более 90 %. К числу мер, которые позволили достичь такого высокого уровня, является использование электромагнитного перемешивания почти на каждой МНЛЗ.

Электромагнитное перемешивание применяют для повышения структурной и химической однородности металла, увеличения марочника разливаемых сталей и расширения сортамента слитков. Широко известны два типа устройств для перемешивания: индуктивный (ЭМП) и кондуктивный (КЭМП). Самыми простыми и экономичными являются устройства КЭМП. Схема такого устройства, разработанного и опробованного Пермским научно-исследовательским институтом (ПНИТИ) на вертикальной МНЛЗ Пермского машиностроительного завода (ПМЗ), представлена на рис. 1.

Сущность способа КЭМП состоит в пропускании постоянного электрического тока через незатвердевшую часть слитка и создании постоянного магнитного поля в той же части. В области жидкого ядра, где скрещиваются ток и магнитное поле, возникает поле электромагнитных сил, под действием которых жидкий металл начинает перемещаться (рис. 1). На рис. 1 показана схема роликового варианта КЭМП, поле сил и картина циркуляции жидкой фазы.



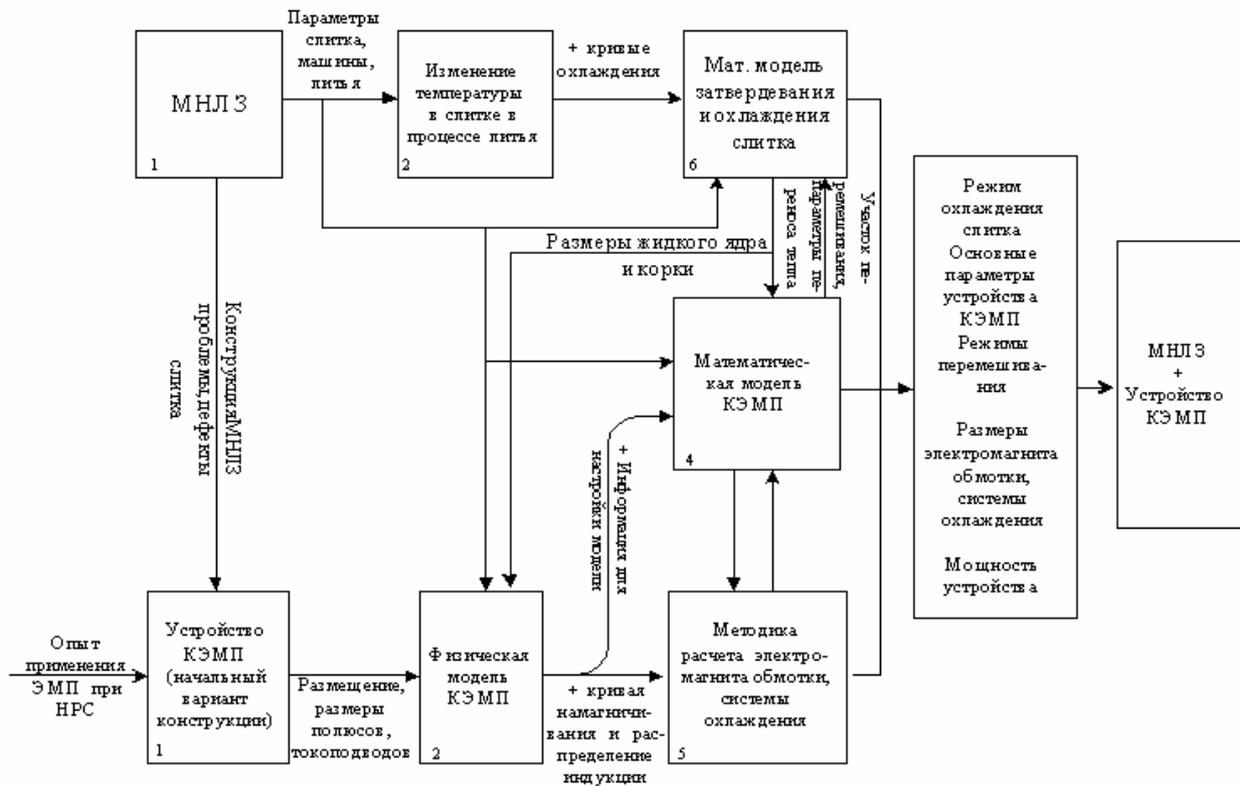
**Рисунок 1.** Схема роликового варианта КЭМП (а), распределения электромагнитной силы (б) и линии тока расплава (в) в жидком ядре непрерывного слитка: 1 - жидкая фаза; 2 - корка слитка; 3 - токопроводящие ролики; 4 - ролики - полюса электромагнита; 5 - немагнитные ролики; 6 - предлагаемая циркуляция жидкой фазы

При разработке и обосновании основных параметров устройств КЭМП возникает сложный комплекс взаимосвязанных вопросов, связанных со следующими процессами:

1. магнитогидродинамические,
2. тепловые,
3. магнитные и электрические поля,

4. металлургический эффект.

В результате экспериментальных и теоретических исследований этих процессов, выполненных для различных конструкций КЭМП, сложилась определенная методология, основные этапы которой представлены на рис. 2.



**Рисунок 2.** Методология обоснования конструкции и режима работы устройства КЭМП

На первом этапе на основании данных об МНЛЗ, проблемах качества слитка и опыте применения ЭМП при непрерывной разливке стали выдвигается прикидочный вариант устройства КЭМП. На этом этапе намечается место расположения устройства на технологической линии МНЛЗ, участки слитка, к которым необходимо подвести ток и на которых следует создать магнитное поле.

На втором этапе выполняется измерение температуры в теле слитка. Измерение температуры осуществляется по методике, изложенной в работе [1]. В результате получают кривые охлаждения представительных точек сечения слитка, оценивают размеры жидкого ядра.

Результаты первых двух этапов используют при создании физической модели (третий этап) гидродинамических явлений в жидком ядре слитка при использовании КЭМП. Модель разрабатывается в соответствии с теорией подобия магнитогидродинамических процессов. В качестве модельной жидкости используют электропроводные жидкости: электролиты и жидкие металлы [2]. На модели изучают связь между гидродинамическими характеристиками (картины циркуляции, размеры контуров циркуляции, скорости движения жидкости в характерных точках) и основными параметрами устройства КЭМП (сила тока, магнитная индукция, в рабочем зазоре электромагнита, размеры полюса и т.п.). Кроме того, исследуют распределение магнитной индукции в рабочем зазоре электромагнита и фиксируют кривую намагничивания электромагнита.

Результаты физического моделирования используют для настройки математической модели процесса КЭМП [3] (четвертый этап). На этом этапе расширяют пределы применимости экспериментальных данных, рассчитываются рациональные режимы работы устройства КЭМП (режимы перемешивания).

Параллельно четвертому этапу выполняют пятый этап, связанный с расчетом электромагнита (количество ампервитков, параметров обмотки, системы ее охлаждения, размеры электромагнита и его мощность). При этом для проверки методики расчета используют результаты этапа 2 по измерению параметров магнитных явлений в рабочем зазоре электромагнита.

Параметры переноса тепла, установленные в результате физического моделирования тепловых процессов при КЭМП, применяются при математическом моделировании тепловых явлений в слитке для условий перемешивания (этап 6). Усиление интенсивности переноса тепла при перемешивании учитываются в модели путем введения эффективного коэффициента теплопроводности [1]. Предварительно на основе кривых охлаждения (этап 3) устанавливается взаимосвязь между коэффициентом теплоотдачи и интенсивности охлаждения слитка для конкретных конструкций форсунок и поддерживающих слиток устройств. Затем с помощью модели уточняются размеры жидкого ядра для этапа 3, продолжительность затвердевания слитка и температура поверхности слитка на участке перемешивания в условиях повышенной интенсивности переноса тепла в жидком ядре слитка. Основным результатом данного этапа является разра-

ботка режимов вторичного охлаждения слитка в условиях КЭМП.

Выполнение перечисленных этапов позволяет в полной мере обосновать основные параметры устройства КЭМП, рациональные режимы перемешивания и режимы вторичного охлаждения слитка на участке перемешивания. Разработанная методология в полной мере использована при создании и опытно-промышленном опробовании устройства КЭМП для вертикальной МНЛЗ ККЦ-1 НЛМК. Полученные результаты исследований позволяют сократить объем экспериментов при разработке и освоении КЭМП на других МНЛЗ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловые процессы при непрерывном литье стали./ Самойлович Ю.А., Крумвецкий С.А., Горянов В.А., Кабаков З.К. М.: Металлургия, 1982, 152 с.
2. Физическое моделирование кондуктивного электромагнитного перемешивания. / В.М. Брыксин, З.К. Кабаков, А.Г. Подорванов, А.А. Смирнов. В кн.: Исследование тепловых процессов и агрегатов основных переделов черной металлургии / МЧМ СССР М.: Металлургия, 1987. с. 41-46.
3. Математическое моделирование процесса кондукционного перемешивания расплава в незатвердевающей части непрерывного слитка/Ю.А. Самойлович, Э.Р. Шифман, ВМ Брыксин, З.К. Кабаков – Магнитная гидродинамика, 1987. № 4, с. 107-112.

Работа представлена на юбилейную конференцию с международным участием «Современные проблемы науки и образования», 5-6 декабря 2005г., г.Москва. Поступила в редакцию 01.12.2005г.

#### **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАРТЕНСИТНЫХ ФАЗ В ПЛАСТИЧЕСКИХ ЗОНАХ У ВЕРШИНЫ ТРЕЩИНЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ**

Клевцов Г.В., Клевцова Н.А.

*Оренбургский государственный университет,  
Оренбург*

При разрушении метастабильных аустенитных сталей мартенситные превращения, протекающие под действием низких температур и пластической деформацией, оказывают существенное влияние на механические свойства данного класса сталей, затрудняя прогнозирование их поведения в конкретных условиях эксплуатации. Наиболее слабо изучены мартенситные превращения в пластических зонах у вершины распространяющихся трещин, хотя очевидно, что вклад, образуемых в данной области мартенситных фаз в кинетику и механизм разрушения аустенитных сталей должен быть существенным.

Целью настоящей работы является установление связи распределения мартенситных фаз под поверхностью изломов аустенитных сталей, полученных при различных видах нагружения с микромеханизмом разрушения данных сталей и локальным напряженным состоянием материала у вершины трещины.

В качестве исследуемых материалов использовали Fe-Ni-Ti, Fe-Ni-Cr-Ti, Fe-Mn-V, Fe-Cr-Mn и Mn