

**А.А. Бурбелко, Т. Виктор**

AGH Научно-технический университет, г. Краков

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В СЛИТКИ**

Метод проб и ошибок, используемый часто для выбора правильной геометрии формы и параметров процесса разлива небольших отливок в литейном производстве, при изготовлении стальных слитков большого развеса может оказаться слишком дорогостоящим. В связи с этим на сегодняшний день при разработке геометрии новых слитков и изложниц, а также в процессах их конструктивного улучшения все чаще используется специализированное программное обеспечение – системы компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП). Известные коммерческие пакеты СКМ ЛП [1] обеспечивают сопряженное моделирование задач теплопроводности и вычислительной гидродинамики.

Известен пример применения компьютерного моделирования процессов разлива стали в слиток и с последующей кристаллизацией при разработке изложницы для разлива крупного кузнечного слитка (массой ок. 300 т) в условиях производства Sheffield Forgemasters International [2]. Для этой цели было использовано программное обеспечение ProCAST (ESI Group). В статье [3] описано применение компьютерного моделирования с помощью СКМ ЛП ProCAST для анализа процессов разрушения изложниц и разработки способов повышения их долговечности. Известен пример использования СКМ ЛП «ПолигонСофт» для разработки методов снижения осевой усадочной рыхлоты крупных кузнечных стальных слитков [4].

Авторы использовали СКМ ЛП «ProCAST» для анализа осевой усадочной рыхлоты крупных стальных слитков, предназначенных для передела методом ковки. В результате меньшего обжатия заготовки при прессовании и ковке (по сравнению с обжатиями при производстве сортовых и фасонных профилей проката) осевая усадочная пористость после такого передела может сохраниться, оказывая негативное влияние на эксплуатационные свойства ответственных массивных поковок.

Проведены исследования поведения расплава в процессе заполнения изложницы. Показано, что на протяжении 15 мин. сифонной разлива стали в изложницу при изготовлении слитка 40 т уже самом ходе разлива сталь затвердевает примерно в 10% объема слитка.

Выполнены анализы способа выполнения теплоизоляции и геометрии прибыльной части слитка геометрию и глубину усадочной раковины, а также на распределение усадочной пористости в слитке.

Показано, что в случае использования изоляционного слоя в прибыльной части слитка, недопустимым является чрезмерная высота заливки, в результате которой может появиться тепловой контакт стали с материалом изложницы или прибыльной надставки над изоляционным слоем. В результате появления такого «теплового моста» значительно увеличивается глубина усадочной раковины, а также формируется неблагоприятное распределение усадочной пористости на оси слитка под усадочной раковиной.

Изучено влияние доливания стали в прибыльную часть слитка на изменение поля температуры в жидкой части слитка в результате перемешивания. В дальнейших исследованиях авторы планируют использовать СКМ ЛП «ProCAST» для моделирования процессов макросегрегации компонентов в объеме крупных стальных кузнечных слитков.

### Список литературы

1. Бурбелко А.А., Каптуркевич В. Моделирование процессов формирования структуры при кристаллизации металлов // Международная научно-техническая конференция "Современные проблемы металловедения сплавов цветных металлов": Сб. научных трудов, Москва, 1-2 октября 2009 г, Изд. Дом МИСиС. 2009, стр. 331-339.
2. SHEFFIELD FORGEMASTERS uses ProCAST to design and manufacture the largest ingot ever made in the UK.  
([www.esi-group.com/sites/default/files/resource/success-stories/153/sssheffieldlores.pdf](http://www.esi-group.com/sites/default/files/resource/success-stories/153/sssheffieldlores.pdf))
3. Köser O., Kalkunte B., Brach D. Process development of Ingot casting using simulation approach // ICRF 1<sup>st</sup> International Conference on Ingot Casting, Rolling and Forging. – 2012. P. 1-5 (www.esi-group.com/sites/default/files/resource/publication/1636/icrf-93\_2012\_ingot\_mold\_stress\_esi-reiner\_brach.pdf)
4. Бройтман О.А. Изготовление крупных кузнечных слитков без осевых усадочных дефектов в измененной изложнице // *Металлургия. Машиностроение.* – 2012. – № 5. – С. 43-45.