

# Оптимизация формы, прибыльной части и теплоизоляции слитков

УДК 669.18.046.518:621.746.464

Металлургическая компания Trinec Iron and Steel Works (Чехия) для удовлетворения постоянно растущих требований к качеству продукции и одновременно к сокращению производственных расходов приняла решение о модернизации участка разлива слитков с целью оптимизации этого процесса. Инженерам компании удалось значительно улучшить процесс разлива слитков, обеспечив соответствие качества продукции всем предъявляемым современным требованиям, сокращение производственного цикла и экономию ресурсов.

Компании Trinec Iron and Steel Works (Třinecké železářny, TŽ) — крупнейшей металлургической компании в Чешской Республике — принадлежит металлургический комбинат с полным циклом, история которого датируется началом XIX в. В настоящее время продукцию компании экспортируют более чем в 60 стран мира; сортамент включает рельсы, катанку, длинномерные профили повышенного качества и полупродукты. Компания TŽ также широко известна производством слитков.

Постоянные требования, предъявляемые к слиткам, предусматривают надежный и стабильный процесс их производства, высокое качество и чистоту. Приняв решение об оптимизации производства слитков, компания TŽ начала с ревизии всей линии разлива слитков. Стремясь повысить эффективность всего технологического процесса, компания TŽ остановила свой выбор на последней версии программы MAGMA5, которая обеспечивает автономную оптимизацию, позволяющую получить эффективные оценки и прогнозы.

Для исследования возможного влияния переменных параметров на качество слитка, его прибыльную часть и теплоизоляцию применили сочетание экспериментов и генетических алгоритмов. Кроме того, расположение

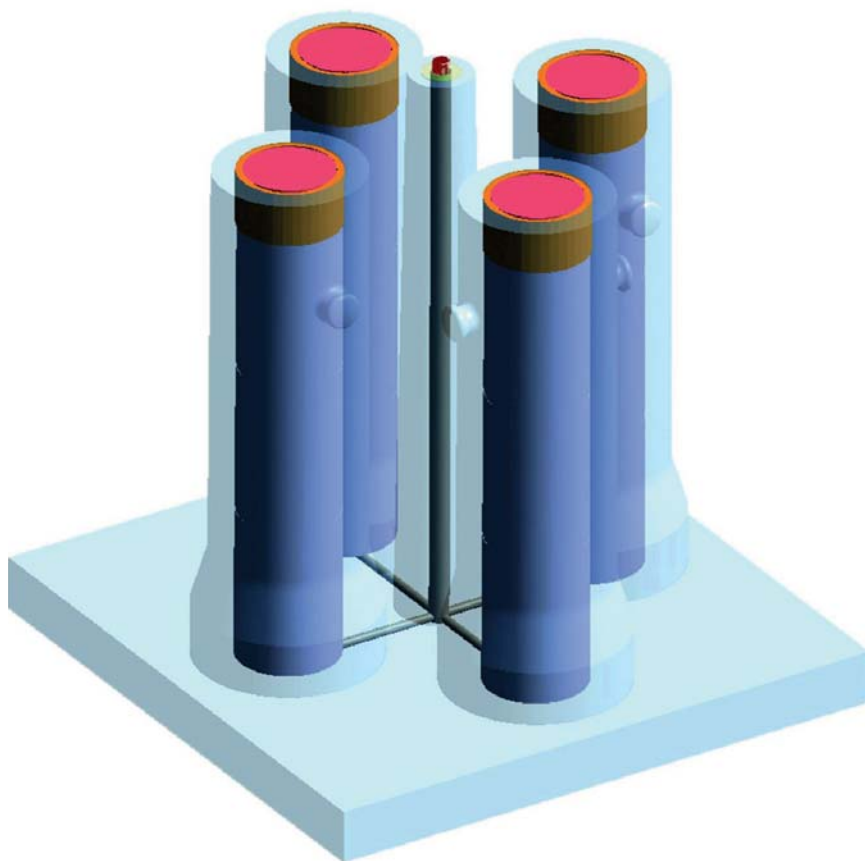
разливочного отверстия (литника) варьировали для получения оптимальной устойчивости процесса разлива и для удовлетворения новых требований к качеству.

## Подход к уменьшению макроусадки

Компания TŽ вначале провела исследования на тонких высоких цилиндрических слитках массой примерно 5 т, отливаемых сифонным методом, блоками по 4 слитка. Из принципа разведения слитки первоначально имели А-образную форму, т. е.

обратную конусность. Компания TŽ и прежде производила слитки такой формы и высокого качества, но в соответствии с новыми требованиями осевую макроусадку следовало уменьшить. Поэтому была поставлена задача разработать улучшенную форму слитка, исследуя различные решения, полученные при автономном моделировании.

На первом этапе необходимо было выявить причины, вызывающие макроусадку, для чего инженеры компании TŽ проанализировали действующий технологический процесс.



Исходная схема разлива слитков

П. Котас, компания MAGMA  
Giessereitechnologie GmbH,  
Пардубице; Б.Чмиэл, компания  
Trinec Iron and Steel, Тржинец,  
Чешская Республика  
Контакт: [www.magma5soft.de](http://www.magma5soft.de);  
[www.trz.cz](http://www.trz.cz)  
Эл. почта: [info@magma5soft.de](mailto:info@magma5soft.de)



## Незаменимое оборудование для снижения выбросов коксохимического производства на величину до 90%!

Технология SOPRECO компании Paul Wurth – система контроля и регулирования давления в печах коксовой батареи, позволяющая поддерживать технологически целесообразный уровень давления отдельно для каждой печи в ходе всего процесса коксования.

Данная инновационная технология обеспечивает значительное сокращение неорганизованных выбросов через двери, загрузочные люки и стояки коксовых батарей в ходе процесса коксования, а также способствует снижению выбросов при загрузке печи угольной шихтой.

- Система легко устанавливается на действующие коксовые батареи без остановки производства
- Надёжная и функциональная конструкция
- Не требует техобслуживания за счёт самоочистки, не допускающего накопления отложений

**Московское представительство АО Пауль Вюрт**  
1-я Тверская-Ямская 23/1  
125047 Москва  
Российская Федерация

тел.: +7 495 721 1553  
pwmoscow@paulwurth.com  
www.paulwurth.com



# PAUL WURTH

SMS group

Международная штаб-квартира: **АО ПАУЛЬ ВЮРТ**, Люксембург  
Компания представлена в: Бразилии, Вьетнаме, Германии, Индии, Италии, КНР, Корее, Мексике, России, США, Тайване, Украине, Чешской Республике, Японии

**Доменные цеха**

Проектирование и строительство комплексов доменных печей полностью, модернизация и реконструкция доменных цехов.

**Технология и оборудование для доменного производства**

Технологии и решения для систем охлаждения и футеровки, автоматизация, технология загрузки доменной печи, специальное оборудование для доменного производства.

**Вспомогательные установки**

Воздухонагреватели и системы утилизации тепла отходящих газов, шихтоподготовка, вдувание пылеугольного топлива, грануляция и обезвоживание шлака.

**Коксохимическое производство**

Коксохимзаводы, коксовые батареи, коксовые машины, системы утилизации коксового газа, системы тушения кокса, системы автоматизации.

**Агломерационное производство**

Комплексное проектирование и строительство фабрик по производству окатышей и агломерата, модернизация и реконструкция.

**Технологии прямого восстановления**

Проектирование и строительство установок прямого восстановления железа по технологии Midrex®.

**Технологии утилизации отходов**

Технологии PRIMUS®, RedIron™, RedSmelt™, i-Meltor™, PLD обезмасливание, технология химического обесцинкования доменных шламов CIROVAL™.



Paul Wurth, логотип Paul Wurth, PRIMUS, RedIron, RedSmelt, i-Meltor, CIROVAL являются торговыми знаками Paul Wurth S.A. и могут быть зарегистрированы в вашей юрисдикции. Midrex является зарегистрированным торговым знаком Kobe Steel, Ltd и используется по лицензии.

**Московское представительство АО Пауль Вюрт**

1-я Тверская-Ямская 23/1  
125047 Москва  
Российская Федерация

тел.: +7 495 721 1553  
pwmoscow@paulwurth.com  
www.paulwurth.com

**PAUL WURTH**

SMS group

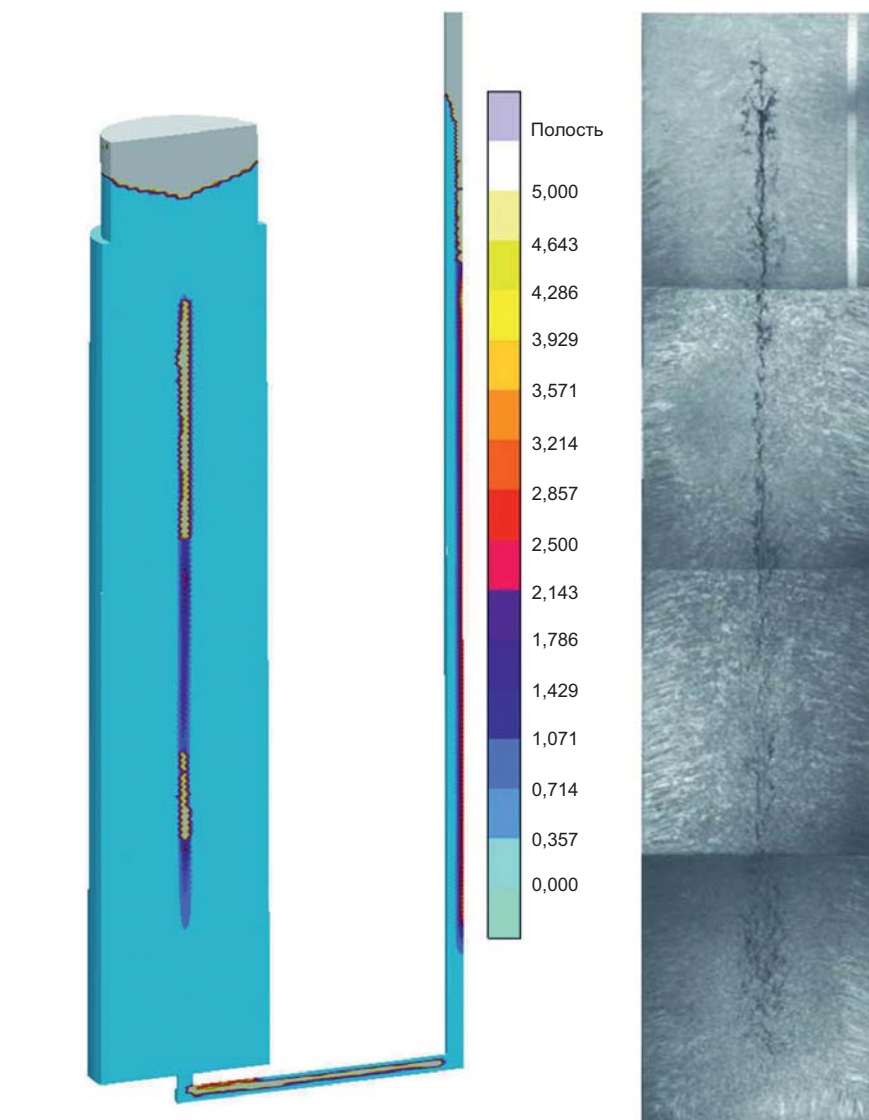
Международная штаб-квартира: **АО ПАУЛЬ ВЮРТ**, Люксембург  
Компания представлена в: Бразилии, Вьетнаме, Германии, Индии, Италии, КНР, Корею, Мексике, России, США, Тайване, Украине, Чешской Республике, Японии

Для этого разрезали слитки и исследовали их пористость. Затем значительно модифицировали систему разливки стали и установили пять термопар по высоте одного из четырех слитков. Это позволило провести точные измерения температуры в процессе разливки. Полученные термограммы позволили затем определить оптимальные коэффициенты теплопередачи по высоте слитка для системы MAGMASOFT® и сравнить измеренные и расчетные температурные кривые.

Подтвердив адекватность моделирования, приступили к следующему этапу — автономной оптимизации по множеству различных целевых функций. Для выявления наилучшего сочетания технологических и геометрических параметров были определены две функции цели:

- минимальная усадочная рыхлость;
- минимальная осевая микропористость.

Поскольку новые спецификации требовали получения слитков без макроскопической пористости, то допустимая рыхлость в каждой из рассматриваемых зон слитка была задана равной 0 %. При выполнении процедуры оптимизации были рассмотрены 11 независимых вариантов сочетаний технологических и геометрических параметров разливки слитков. Варьировали такие параметры, как путь потока жидкой стали при разливке, размеры слитка, его прибыльная часть, теплоизолирующая оболочка, а также литник и температура разливки. Программа MAGMA5 позволила получить методом автономного моделирования первый вариант сочетания технологи-

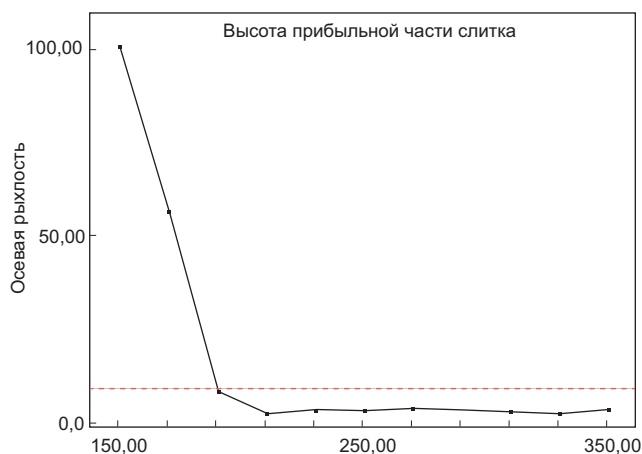
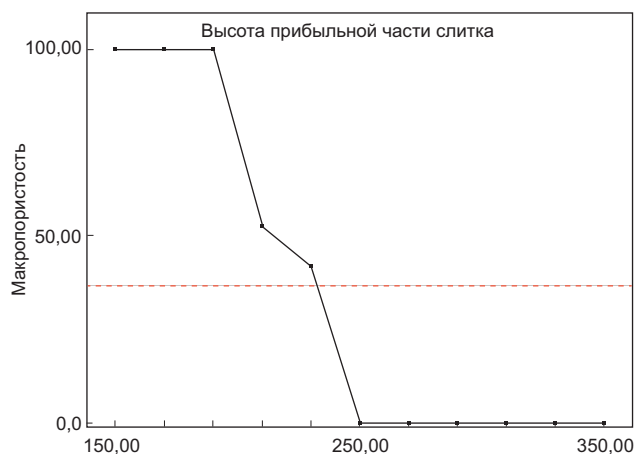


Осевая макропористость: расчетная (%) и визуально наблюдаемая

ческих и геометрических параметров, а затем еще восемь вариантов. Рассчитанные и испытанные варианты были всеобъемлющими, они охватывали опции, никогда прежде не опробованные на практике.

### Промежуточные выводы

Специалисты оценили полученные варианты в достоверной перспективе. Если ранжировать эти варианты, то первые пять из них дают аналогичный уровень величин параметров, предло-



Диаграммы главного эффекта: влияние высоты прибыльной части слитка на макропористость и осевую рыхлость

ставляя сотрудникам компании возможность выбора наилучшего из этих пяти вариантов относительно производственных расходов.

Оценка диаграмм главного эффекта приводит к выводу о сильной корреляции между высотой прибыльной части слитка и осевой рыхлостью (макропористостью). На высоте ниже критической в теле слитка образуется значительная макроскопическая усадочная пористость и осевая усадочная рыхлость. Такие решения неприемлемы для ТЖ, и потому исключаются из дальнейшего анализа.

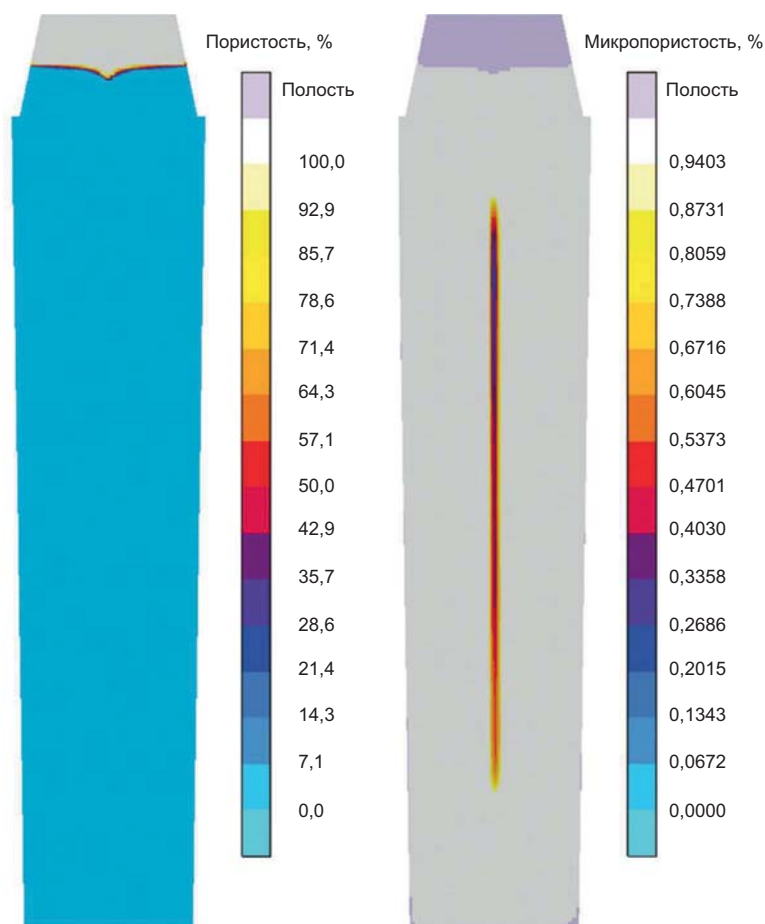
### Дальнейший анализ и его результаты

Для окончательных выводов оценили влияние остальных геометрических параметров. Лучшим вариантом признана V-образная форма слитка вместо применяемой А-образной; при этом значительно улучшается направленная кристаллизация. Кроме того, прибыльная часть слитка приобретает в этом случае коническую форму и не удлиняется. Вместе с теплоизолирующей втулкой такая конструкция обеспечивает наилучшие итоговые результаты относительно использования металла. Показатели макропористости для нового варианта соответствуют требованиям компании ТЖ. Остальная макропористость также укладывается в рамки требований спецификации, так как предыдущее исследование доказало, что при

ковке такая пористость полностью закрывается.

Завершая процесс оптимизации, инженеры компании ТЖ успешно применили методы автономной оптимизации для значительного улучше-

ния процесса отливки слитков, добившись удовлетворения предъявленных повышенных требований, сокращения длительности производственного цикла и экономии ресурсов.



Результаты моделирования оптимального процесса разлива слитков

## Новое представительство в Сети!

Многочисленные возможности для размещения баннеров и других видов рекламы. Обращайтесь к нашим экспертам по рекламе за дополнительной информацией:

**MPT International + Региональные издания**

Г-жа Зигрид Клинге (Sigrid Klinge)

Тел. +49 211 6707-552 · эл. почта: sigrid.klinge@stahleisen.de

[www.mpt-international.com](http://www.mpt-international.com)

Реклама

**STAHLEISEN**

**Stahl**

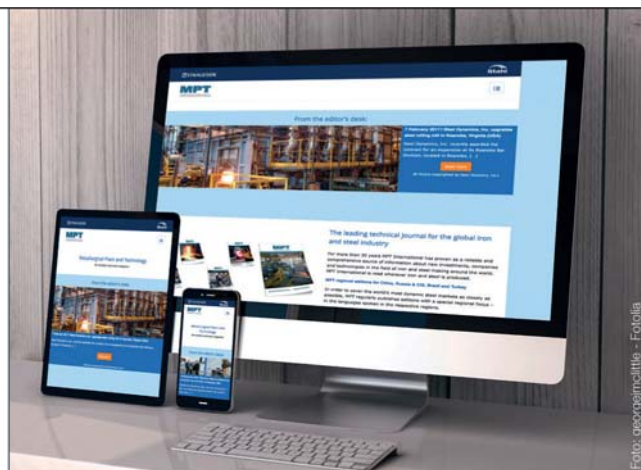


Foto: georgmottila - Fotolia