

Публичное акционерное общество
«Магнитогорский металлургический комбинат»

РЕФЕРАТ-ПРЕЗЕНТАЦИЯ

«Разработка, цифровизация и внедрение комплексных
научно-технических решений по производству стального проката нового
поколения для базовых отраслей отечественной промышленности»

1. Шиляев Павел Владимирович, кандидат технических наук, генеральный директор, ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» – руководитель работы.
2. Стеканов Павел Александрович, ведущий специалист по исследованиям горячего проката группы по прокатному производству Научно-технического центра, ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».
3. Корнилов Владимир Леонидович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий металлургических предприятий направления по планированию и методическому обеспечению, АНО ДПО «Корпоративный центр подготовки кадров «Персонал».
4. Капцан Феликс Виленович, заместитель генерального директора по информационным технологиям, ООО «Исследовательско-технологический центр «Аусферр».
5. Урцев Владимир Николаевич, генеральный директор, ООО «Исследовательско-технологический центр «Аусферр».
6. Шмаков Антон Владимирович, кандидат технических наук, начальник технологического отдела, ООО «Исследовательско-технологический центр «Аусферр».
7. Горностырев Юрий Николаевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории цветных сплавов, Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН.
8. Счастливцев Вадим Михайлович, доктор технических наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник, Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН.
9. Сыч Ольга Васильевна, кандидат технических наук, начальник сектора 323 лаборатории 32 научно-производственного комплекса 3, ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».
10. Платов Сергей Иосифович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и технологии обработки давлением и машиностроения» института металлургии, машиностроения и материалобработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова».

В период с 2006 по 2012 гг. в ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК») пущены в эксплуатацию высокоавтоматизированные технологические комплексы: электросталеплавильный цех; сортовой цех; комплекс толстолистого стана «5000»; комплекс стана «2000» холодной прокатки. Системы автоматизации современных металлургических агрегатов каждую секунду генерируют сотни сигналов, тем самым создавая возможность отслеживания технологической истории производства любого геометрического элемента (погонного отрезка, элемента поверхности, элемента объема) металлопродукции.

Авторы ставили своей целью **разработку комплексных научно-технических решений по крупнотоннажному производству стального проката нового поколения**, каждый геометрический элемент которого обладает требуемым комплексом потребительских свойств; **их цифровизацию и построение корпоративной информационной системы управления производством и качеством продукции ПАО «ММК».**

Основная научно-техническая идея работы заключается в развитии и широком применении модельных представлений, включающих: математические модели физических процессов, в том числе процессов структурообразования; статистические модели, связывающие химический состав, технологические параметры производства и потребительские свойства стального проката; цифровые двойники технологических, производственных и логистических процессов.

В работе представлены результаты научно-исследовательских, проектных и внедренческих работ, завершившихся созданием и широким применением в практической деятельности ПАО «ММК» комплексных научно-технических решений по обеспечению эффективного производства стального проката нового поколения. Отражены обладающие мировой научной новизной результаты

теоретических и экспериментальных исследований процессов структурообразования сплавов на основе железа. Развита научная представления о фазовых и структурных превращениях в сталях. Значительное внимание уделено проблеме обеспечения качества длинномерной металлопродукции. Описана функциональность корпоративной информационной системы управления производством и качеством продукции ПАО «ММК».

Для решения задач аттестации физико-механических свойств длинномерной металлопродукции в 2002 г. впервые в мировой практике эксплуатации АСУ ТП прокатных станов в ПАО «ММК» был совершен переход от временных рядов протоколирования значений технологических параметров к пространственной координате, привязанной к длине раската. Это стало возможным благодаря внедрению созданного с участием авторов изобретения, согласно которому раскат виртуально разбивают на заданное количество равновеликих погонных отрезков, определяют параметры производства этих отрезков и, используя статистические модели, производят их аттестацию. Решение защищено патентами РФ и ряда зарубежных стран, что подтверждает мировую новизну изобретения. В дальнейшем указанное техническое решение было распространено на элементы объема проката.

Основные результаты выполненной работы

- Разработаны и реализованы комплексные научно-технические решения по производству стального проката нового поколения. Решения базируются на сочетании целенаправленного использования закономерностей структурообразования для формирования требуемого комплекса потребительских свойств с широким практическим применением принципиально новых информационных технологий управления производством и качеством длинномерной продукции в условиях многопередельного металлургического предприятия.

- Для условий ПАО «ММК» решена проблема эффективного крупнотоннажного производства стального проката нового поколения. Это позволило значительно увеличить объемы поставок импортозамещающей металлопродукции базовым отраслям отечественной промышленности, что способствовало повышению эффективности реального сектора экономики Российской Федерации.
- Созданы и внедрены изобретения, защищенные патентами РФ и ряда зарубежных стран, открывающие серьезные перспективы цифровой неразрушающей аттестации физико-механических свойств стального проката.
- В ходе теоретических и экспериментальных исследований процессов структурообразования сплавов на основе железа:
 - развита обладающая мировой научной новизной последовательная количественная теория фазовых превращений в системе Fe-C, базирующаяся на результатах первопринципных расчетов;
 - определена роль диффузионного перераспределения атомов углерода, решеточных деформаций, взаимодействия магнитных и решеточных степеней свободы в реализации $\gamma - \alpha$ превращений;
 - определены условия формирования в сталях нановыделений Cu, Ni, Nb, Nb-Al, Ti-Al, V-Al, Mo-Si, Nb-Si, Nb-Ti, Ti-Si, Ti-V, Mo, Nb-Mo, Nb-V.
- Созданы новые системы легирования, способы производства стального проката, способы управления технологическими процессами и технологическими агрегатами, защищенные патентами РФ и используемые в производственной деятельности ПАО «ММК».
- Развиты методы неразрушающего контроля качественных характеристик стального проката. Разработана и внедрена нормативная документация СТО СМК ММК ЦЛК-05-2016 «Неразрушающий метод контроля качества металлопроката» и СТО ММК ЦЛК-04-2016 «Статистический метод контроля качества металлопроката».

- Создана корпоративная информационная система управления производством и качеством продукции (КИСУП и КП) ПАО «ММК», полностью соответствующая концепции «Индустрия 4.0», не уступающая по эксплуатационным параметрам лучшим мировым аналогам и обладающая серьезным потенциалом тиражирования на предприятия металлургической отрасли Российской Федерации. В настоящее время под управлением КИСУП и КП работают 83 производственных агрегата ПАО «ММК», производя ~1 млн тонн стального проката ежемесячно.

Разработанные комплексные научно-технические решения позволили освоить в ПАО «ММК» технологии производства стального проката нового поколения для судостроения, арктического использования, нефтегазового комплекса, автомобилестроительной, метизной и строительной отраслей промышленности РФ.

За период с 2015 по 2019 гг. включительно в адрес АО «АВТОВАЗ», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ГАЗ», ПАО «ЧТПЗ», АО «ВТЗ», АО «ОСК» поставлено более 3,7 млн тонн импортозамещающей металлопродукции, изготовленной с использованием разработанных в рамках настоящей работы комплексных научно-технических решений по производству стального проката нового поколения. Прокат полностью соответствовал требованиям, предъявляемым со стороны потребителей к качеству и технологичности.

По уровню гарантированных потребительских характеристик импортозамещающий прокат производства ПАО «ММК» не уступает близкому сортаменту зарубежных производителей, а в ряде случаев превосходит их. В частности, прокат с гарантированным пределом текучести 355–460 МПа для судов ледового плавания и морских арктических конструкций по комплексу свойств превосходит требования зарубежных стандартов EN10025 и EN10225.



Атомный ледокол «Урал». Корпус изготовлен из листов экономнолегированной хладостойкой судостроительной стали, произведенных в ПАО «ММК»

Результаты работы отражены в 118 публикациях, в том числе в 6 монографиях. Получено 32 патента РФ и 7 патентов зарубежных стран.

Информационные решения, созданные в рамках настоящей работы, реализованы на ряде предприятий РФ (ПАО «Уралвагонзавод», ПАО «Тагмет», ПАО «Русполимет»), а также в ArcelorMittal Temirtau (Казахстан).

Экономическая эффективность

В 2015–2019 гг:

- бюджетный эффект от внедрения результатов работы за счет дополнительных налогов на прибыль ПАО «ММК» составил **7 520 млн руб.;**
- экономический эффект у потребителей за счет сокращения затрат в результате импортозамещения стального проката – **30 152 млн руб.;**
- экономический эффект в ПАО «ММК» за счёт повышения эффективности производства металлопродукции – **43 908 млн руб.**

Общий экономический эффект за указанный период – **81 580 млн руб.**

Выполнение работы повысило конкурентоспособность российского стального проката, создало возможности тиражирования решений на другие отечественные металлургические предприятия и их экспорта на предприятия зарубежья, способствовало решению проблем занятости и социального развития.