

сов второго поколения повышенной пассажировместимости и на их базе троллейбусов, создание нового семейства автопоездов уровня Евро-4 и Евро-5. Реализация поставленных задач обеспечит рост валовой добавленной стоимости в производстве машин и оборудования в 1,55 раза, а их экспорт – в 2,5 раза, транспортных средств и оборудования – соответственно в 1,7 раза и 2,5 раза.

Строительство и промышленность строительных материалов

Госпрограммой намечается ввести в строй три новых технологических линии по производству цемента на основе современных энергосберегающих технологий. Проектами предусматривается замена природного газа на уголь и использование других альтернативных видов топлива. Ввод этих линий обеспечит прирост базовых мощностей по производству цемента в 2 раза и позволит полностью обеспечить потребность внутреннего рынка и увеличить экспортные поставки цемента до 1500 тыс. тонн в год.

В рамках мероприятий по совершенствованию инновационной инфраструктуры Государственной программы предусматривается создание ряда крупных технопарков, а также холдингов с участием научных организаций, инжиниринговых компаний, проектных и конструкторских организаций.

Предстоит создать эффективную вертикаль и горизонталь управления в сфере инновационной деятельности. На предприятиях будут воссозданы полноценные исследовательские, конструкторские и инжиниринговые подразделения, созданы или переданы научным учреждениям опытные производства для научных разработок и освоения совершенно новой продукции.

УДК 539.2

НОВЫЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. И. Гордиенко

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

Представлены новые многофункциональные и специализированные материалы и покрытия с повышенными механическими, износо-, коррозионно-, жаростойкими и другими свойствами.

Физико-технический институт НАН Беларуси является одной из ведущих организаций республики, выполняющих научные исследования и разработки в области материаловедения, создания новых многофункциональных и специализированных материалов и покрытий с повышенными механическими, износо-, коррозионно-, жаростойкими и другими свойствами.

В результате проведенных исследований комплексной переработки алюминиевого шлака в лаборатории микрокристаллических и аморфных материалов ГНУ «ФТИ НАН Беларуси» разработан ряд огнеупорных и теплостойких покрытий, огнеупорных формовочных смесей, футеровочных материалов и технологий их получения для индукционных печей, что позволило повысить эффективность их работы. Разработаны ТУ ВУ 100185302.145-2007 «Материалы огнеупорные керамические для литейного производства». Оснащены и введены в эксплуатацию 3 индукционные печи, изготовлено 18 т огнеупорного керамического материала, экономия электроэнергии по ОАО «ММЗ» составила 3 – 4,5 млн. кВт·ч/год. Для теплоизоляции крышки печи, а также выполнения роли каркаса печи при замене асбестовых изделий разработан пористый материал на основе искусственного волластонита CaSiO_3 с добавками порообразователя – ферросилиция ФС 75, ФС 45. Для набивки ванны печи, повышения ее термостойкости и шлакоустойчивости в ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси» разработаны набивные массы с использованием вторичных ресурсов – шлака алюминия. Такие материалы могут выдерживать резкие термоудары при открытии печи, в период запуска и остановки. С использованием вторичных ресурсов и алюминиевого шлака синтезированы огнеупорные материалы и получены штучные изделия в виде держателей электронагревателей для печей электросопротивления, а также керамические термо- и шлакоустойчивые покрытия для тепловых агрегатов литейного производства. Для продления срока службы штучных огнеупоров, защиты их от термоударов и воздействий агрессивных сред расплавов разработаны и испытаны огнеупорные покрытия, полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Их отличают высокая адгезия, шлакоустойчивость и термостойкость. Такие покрытия наносятся на алюмосиликатные, магнезиальные, углеродистые огнеупоры, что позволяет снизить взаимодействие огнеупорного материала ванны с расплавом и повысить в 2 – 3 раза срок службы. Важным применением таких покрытий могут служить газовые термические закалочные печи, корундовые изделия в местах установки газовых горелок, огнеупоры в местах, подвергаемых интенсивным термическим нагрузкам (места открывания дверей печи). Использование таких СВС-покрытий на шамотные и периклазовые огнеупоры соляных электрованн печей обработки высоколегированных сталей позволяет увеличить межремонтный срок их службы в 1,5 – 3 раза.

Разработан способ одновременного рафинирования и модифицирования силумина азотсодержащими лигатурами, позволяющий измельчить α -фазу в 2 – 3 раза за счет формирования ультрадисперсных частиц нитрида алюминия, увеличить предел прочности на 5 – 10% и микротвердость на 12 – 14%. Совместная обработка расплава дисперсными частицами и ато-

марным азотом способствует упрочнению силумина. Интенсивное газообразование после разложения карбида при его соприкосновении с расплавом способствует хорошему перемешиванию частиц, их равномерному распределению в алюминиевой матрице и образованию новых упрочняющих фаз. Использование разработки позволило повысить качество отливок поршней ДВС.

Разработаны конструкция, поршневой материал на основе сплава АЛ25 и комплексная экспериментальная технология получения отливки поршня ДВС с заданной структурой и галерейным охлаждением. Использование разработки на ОАО «ММЗ» позволит создать более мощные форсированные двигатели, соответствующие экологическим требованиям международных стандартов Евро-4, Евро-5, TIER 3, обеспечить импортозамещение поршней и расширить рынок сбыта ДВС.

Разработаны и освоены уникальные для Республики Беларусь технологии металлургического передела высокочистых цветных металлов и сплавов, в том числе вторичных, основанные на сочетании вакуумной плавки, направленной кристаллизации, пластической деформации и формообразования. На опытном участке института организовано малотоннажное производство деталей и полуфабрикатов из алюминия и его сплавов, никелевых сплавов, благородных металлов. Для серийного производства ОАО «Интеграл» изготавливаются катоды-мишени различной конфигурации из алюминия А995, сплавов АК1, АК1,5, АК1М05, сплава никель-ванадий, серебра, платины. Регенерация одной платиновой мишени обеспечивает импортозамещение около 48 тыс. долл. Путем металлургической переработки лома и отходов благородных металлов (Pt, Rh, Ag) и их сплавов производятся полуфабрикаты (проволока, полоса, припой), сложнопрофильные изделия, оснастка и детали технического назначения. Налажен постоянный выпуск и поставка проката из платино-родиевых сплавов для ОАО «Полоцк-Стекловолокно» и ОАО «Завод Оптик», лабораторной посуды из платины для ПО «МТЗ», УП «БМЗ», ОАО Красносельскстройматериалы», ПРУП «Кричевцементошифер», ОАО «Керамин», стекольных заводов и др. Суммарный экономический эффект составляет более 300 млн. руб./год.

Разработаны и внедрены на ОАО «Белкард» (Гродно), РУП «МТЗ» (Минск) новые виды технологической оснастки и сплавов для изготовления отливок вставок штампов и поддонов термических агрегатов. Научно-техническая новизна заключается в разработке и внедрении при изготовлении поддонов термических агрегатов жаростойкой стали с пониженным содержанием никеля и повышенной эксплуатационной стойкостью. Это позволило обеспечить экономию трудозатрат при изготовлении литейных форм, снизить себестоимость изготовления отливок вставок штампов

на 30%, уменьшить содержание никеля при изготовлении поддонов для безмуфельных термических агрегатов (суммарная экономия составила свыше 200 млн. бел. руб. в год), сократить вредные выбросы в атмосферу в 1,5 раза.

Разработаны экономнолегированный износостойкий сплав ЧХ22Г, превосходящий традиционные сплавы по литейным и механическим свойствам, и технология изготовления из него отливок насосного оборудования, которые освоены в производстве на ОАО «Бобруйский машиностроительный завод». Успешно прошли эксплуатационные испытания отливок из нового сплава на ряде предприятий республики. В отличие от серийного сплава ИЧХ28Н2 новый сплав при твердости 60HRC имеет хорошую обрабатываемость, что обусловлено особенностями его структуры. В результате замены никеля на марганец и уменьшения содержания хрома себестоимость отливок для насосов ГРАТ 350/40, ГРАТ85/40, ГРАТ 170/40 снизилась на 14 – 20% в зависимости от их массы и сложности. Дополнительный экономический эффект образуется при механической обработке отливок и в процессе их эксплуатации. Разработаны и зарегистрированы технические условия на отливки из чугуна ЧХ22Г, проведены их квалификационные испытания.

Исследованы особенности структурообразования деформированного чугуна и технологические режимы получения из него деталей авто- и сельхозмашиностроения, что позволило улучшить триботехнические характеристики деталей посевной техники, срок службы которых составлял менее одного сезона, и осуществить импортозамещение деталей. Для ОАО «Лидагропромаш» (Лида) концерна «Белагромаш» Министерства промышленности Республики Беларусь были изготовлены опытные партии втулок оси сочленения и проведены сравнительные полевые испытания (одновременно на одной сеялке СТВ-8КУ работали серийные и экспериментальные детали), показавшие трехкратное увеличение срока службы. Для опытного завода «Неман» (Лида) изготовлены втулки оси сцепления и оси педали тормоза. Эксплуатационные испытания автобусов с деталями из чугуна показали, что он не уступает бронзе по триботехническим характеристикам и дешевле ее на 40%. Первые экземпляры автобусов с этими деталями (выпуска 2007 г.) прошли свыше 350 тыс. км без рекламаций. Сейчас в Беларуси эксплуатируется 22 пассажирских автобуса, оснащенных деталями из деформированного чугуна. Решена задача импортозамещения – полная замена бронзового прутка Бр10Ц2 на высокопрочный деформированный чугун производства Республики Беларусь.

Разработаны технологические процессы объемного и поверхностного термического упрочнения титановых и стальных элементов бронезилов с целью повышения защитных характеристик и снижения веса. Процесс поверхностного упрочнения титановых и стальных защитных элементов обеспечивает получение градиентной структуры, обеспечивающей повышение уровня баллистической защиты на 10 – 15%. Разработана струк-

тура многослойных броневых панелей, предназначенная для бронирования кузовов транспортных средств специального назначения, которая обеспечивает противопульную и противоосколочную защиту.

Разработаны лазерные и плазменные технологические процессы упрочнения рабочих поверхностей плоских и сферических дисков лушительных и борон, ножей к кормоуборочному комбайну «JAGUAR 840», ножей кукурузной жатки ПКК-02 и ножей для дообрезки ботвы свеклоуборочного комбайна КСН-6. Модифицирование поверхности осуществлялось путем нанесения порошка износостойкого состава, содержащего карбиды хрома, вольфрама, бориды и другие соединения шликерным методом перед обработкой высококонцентрированными потоками энергии. Применение наукоемких и экологически чистых технологий позволило получить образцы деталей нового поколения. Отличительными сторонами этих изделий является мелкозернистое строение, высокие твердость, прочность, ударная вязкость, высокая сопротивляемость ударно-абразивному изнашиванию. Рабочая часть деталей обладает высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами: твердостью – 55...65 HRC; ударной вязкостью – 0,6...0,8 МДж/м²; глубина закаленного слоя составляет до 2,5...3 мм; структура в поперечном сечении характеризуется градиентным строением (поверхностный слой – мартенсит, сердцевина – троостит). Размер в поперечном сечении мартенситных пластин составляет 50...100 нм, размер фасеток отдельных пластин мартенсита – 20...80 нм. Проведенные полевые испытания опытных образцов указанных типов деталей показали достижение уровня мировых аналогов, соответствие и превышение нормативов технических заданий по износостойкости в 1,6...2,0 раза. Освоение отечественного производства упрочненных деталей позволит ежегодно экономить валютные средства на сумму свыше 17,0 млрд. бел. руб.

В Научном инженерном центре «Плазмотег» разработана технология получения алмазоподобных углеродных (АПУ) покрытий, из углеродной плазмы импульсного катодно-дугового разряда в вакууме. Технология позволяет получать покрытия толщиной до 2 мкм с высокой адгезией без нагревания подложек из углеродистой и инструментальной стали, алюминия и его сплавов, меди, стекла, полимеров и других материалов.

По данным атомной силовой микроскопии среднеквадратичная шероховатость АПУ покрытий на полированном кремнии не превышает нескольких нанометров. Плотность покрытий составляет 2,9...3,2 г/см³, твердость – до VH 8500, модуль упругости – порядка 900 ГПа, износостойкость – 10⁻⁷...10⁻⁸ мм³/Н·м. Они имеют низкий коэффициент трения в паре со сталью (менее чем 0,15). Удельное электрическое сопротивление материала пленок составляет 10⁶ Ом·см, показатель преломления для длины волны 530 нм лежит в пределах 2,48...2,51. Процесс нанесения покрытий реали-

зуется с использованием промышленного вакуумного оборудования с импульсным катодно-дуговым источником углеродной плазмы, который имеет оригинальную запатентованную конструкцию системы поджига плазмы в вакууме. Максимальная покрываемая поверхность составляет около 5000 см² с неоднородностью покрытия менее 10%. Полученные АПУ материалы нашли промышленное применение в качестве упрочняющих износостойких покрытий изделий машиностроения и инструментальной промышленности. Высокую эффективность АПУ покрытия показали при их использовании в плунжерных парах и поршнях дизельных двигателей, деталях расpredвалов, при этом возможно не только увеличение рабочего ресурса изделий в 2...3 раза, но и восстановление изношенных частей плунжеров. Срок службы микросверл и фрезы из твердосплава для обработки печатных плат увеличивается в 1,8...2 раза при существенном улучшении качества обработки. Особо эффективным оказалось применение АПУ покрытий для мерительного инструмента (плитки Иогансона, калибры-пробки, концевые меры). Покрытые ими измерительные инструменты и плитки, и плитки Иогансона увеличивают срок службы в 2...2,5 раза. Алмазоподобные углеродные материалы нашли применение в качестве износостойких химически инертных покрытий литейных форм пластмассы, а также производства магнитной керамики под давлением. В случае нанесения покрытий на подвижные части литейных форм, работающих в условиях сухого трения, достигается двойной эффект – предотвращается налипание пластмассы на форму и снижается коэффициент трения и износ трибопар. Путем нанесения АПУ покрытий на текстурированные полимерные ленты разработана технология получения абразивного материала, предназначенного для суперфинишной обработки деталей компьютерной техники и оптики, запатентованная в 5 европейских странах, США, Канаде и Китае. Проводятся успешные исследования по использованию АПУ тонких пленок в качестве активных элементов термостабильных малошумящих резисторов номиналом в несколько гигаом. Алмазоподобные углеродные пленки медикобиологического назначения нашли применение в качестве гемосовместимых тромборезистентных покрытий корпусов искусственных клапанов сердца и ортопедических протезов. Для клинических нужд выпущено несколько тысяч таких изделий. В последние годы уделяется большое внимание разработке нового комбинированного PVD-CVD метода нанесения покрытий, имеющего ряд преимуществ по сравнению с традиционными физическими и химическими методами осаждения, в частности, гибкое управление структурой покрытий и типом химических связей между атомами углерода, высокую производительность процесса нанесения, многократное снижение внутренних напряжений, существенное увеличение равномерности покрытий,