

Ю. И. КРИВОНОСОВ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЯ: К НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Важнейшие периоды развития цивилизации известны как каменный, бронзовый и железный века. В основу этой периодизации положено различие видов ведущих конструкционных материалов, что вполне отражает их значение в историческом процессе [1]. Особая роль в их собственном развитии принадлежит XX столетию, когда постепенное наращивание выпуска традиционных конструкционных материалов, эволюция технологий их производства были прерваны революционным скачком. Связь темпов технологического прогресса вообще и особенно прогресса материалопотребляющих областей производства, таких, как строительство, машиностроение и т. п., с объемом выпуска и уровнем качества конструкционных материалов достаточно очевидна. Известны и факты, характеризующие новейшие тенденции исторического развития производства конструкционных материалов.

Так, в черной металлургии мировое производство стали, составившее в 1900 г. 28,3 млн. т, возросло к 1950 г. почти в 7 раз, а к 1980 г. увеличилось более чем в 25 раз и достигло 720 млн. т [2]. В настоящее время в мире выпускается сталь более 3 тыс. марок, многие тысячи профилей и профилаэмеров стального проката.

В цветной металлургии широкое производство алюминия и его сплавов как нового конструкционного материала было начато практически только в 20-е годы нашего столетия. Но уже к 1960 г. в мире производилось 3,5 млн. т. первичного алюминия. Эта цифра увеличилась в 3 раза всего за 10 лет.

Начиная с середины века, ускоренно разворачивается крупномасштабное производство титана, никеля, кобальта, молибдена, хрома, вольфрама, бериллия и многих других металлов, на основе которых создаются тысячи сплавов — новых конструкционных материалов, обладающих особо высокими, заранее заданными физическими и химическими свойствами, определяющими успехи авиационной и космической техники, атомной энергетики, электроники, судостроения и машиностроения и других ведущих отраслей промышленности. Это позволило, например, увеличить прочность наиболее распространенных материалов на основе железа, меди и алюминия в среднем в 10 раз по сравнению с тем, что было в начале века.

Особенно быстрыми темпами развивалось производство неметаллических, искусственно созданных человеком конструкционных материалов. В начале века людям были известны всего два вида конструкционных пластмасс — эбонит и целлулоид, имевшие ограниченные области применения. Их было произведено в 1900 г. около 20 тыс. т. К 1950 г. производство пластмасс возросло в 80 раз [2]. В 1970 г. мировое производство пластмасс составило 30 млн. т, в 1980 г. — 61, а в 1985 г. — уже 75 млн. т. При этом непрерывно увеличивалось число новых видов искусственных конструкционных материалов, чрезвычайно быстро повышались такие характеристики их качества, как прочность, легкость, пластичность, влагостойкость, диэлектрические и антифрикционные свойства и т. д.

В строительной индустрии долгое время применялась в основном древесина. Производство пиломатериалов возросло с 246 млн. м³ в 1950 г. до 437 млн. м³ в 1980 г., что составило около 40—45% массы и значительную часть объема всех произведенных в мире конструкционных материалов.

Но во второй половине века основным материалом в строительстве стал бетон. Если в 1950 г. в мире производился 134 млн. т цемента — важнейшего компонента бетона и железобетона, то через 30 лет уже 885 млн. т, и в настоящее время его выпуск приближается к 1 млрд. т [2], что равносильно созданию конструкций общей массой около 4—4,5 млрд. т в год.

Во второй половине XX в. большое значение приобрело производство и применение неметаллических материалов на основе керамики, ситалов, шлакоситалов, искусственных каменных материалов, стекла, силикатополимеров, резинотехнических изделий.

Революционизирующую роль в ряде отраслей техники играют конструкционные материалы нового класса — композиты. Принципиальные способы их создания были разработаны в конце 40-х годов, а широкий промышленный выпуск начат 20 лет спустя. И хотя объем выпуска композитов пока что составляет доли процента общего объема мирового производства конструкционных материалов, за 25 лет он многократно возрос. Главное же заключается в перспективности этого класса материалов, на основе которого уже созданы новые образцы «техники будущего», способной функционировать в экстремальных условиях.

Если же попытаться сделать хотя бы некоторые общие выводы из накопленного в данной области опыта и наметившихся к данному времени тенденций, можно отметить следующее.

Во-первых, темпы наращивания объемов производства материалов и достигнутый к концу 80-х годов абсолютный уровень их ежегодного выпуска оказались беспрецедентными. При увеличении численности населения земного шара с начала века примерно в 3,1 раза объем производства материалов возрос более чем в 15 раз [2]. По предварительной оценке автора, общая масса уже произведенных в XX в. материалов превышает суммарную их массу, выработанную человечеством за предшествующие тысячелетия. Во-вторых, произошло резкое повышение качественных характеристик материалов. Были созданы материалы, имеющие служебные свойства, по отдельным параметрам и по их комплексу в десятки и сотни раз превышающие качественные параметры материалов, которые использовались в начале века. В-третьих, количество различных видов материалов — марок сталей, сплавов на основе или с использованием большинства известных металлов, разнообразных типов пластмасс, композиционных и других материалов — росло в геометрической прогрессии.

Важнейший закономерный итог этого сложного и многоаспектного процесса — возникновение целостной системы конструкционных материалов, как предназначенных для строго определенных условий работы в различных по назначению конструкциях, так и взаимозаменяемых, конкурирующих между собой.

Если в начале века машины и другие технические сооружения создавались, как правило, целиком или преимущественно из одного вида материала, то теперь детали и элементы конструкций изготавливаются в подавляющем большинстве из различных видов или марок материалов, свойства которых обеспечивают в каждом конкретном случае достижение наиболее высоких рабочих параметров изделия. Машины и сооружения представляют собой чаще всего набор материалов, включающий многие десятки и сотни наименований.

Появление большого числа взаимозаменяемых, конкурирующих по различным техническим и экономическим показателям материалов обусловило возникновение новых научных, инженерных и экономических проблем, в первую очередь проблемы выбора оптимального конструкционного материала, наиболее полно отвечающего требованиям изготовления и эксплуатации машин или сооружений.

Выпуск конструкционных материалов в большом объеме привел не только к чисто техническим и экономическим проблемам, но и обострил экологические последствия. Производство и применение конструкционных материалов всегда было связано с воздействием на природу. Однако ранее оно имело, как правило, локальный характер. По мере роста объемов производства увеличились и масштабы воздействия на природные комплексы. Так, увеличение производства железа, для которого требовался древесный уголь, привело уже в XVII—XVIII вв. к уничтожению лесов на больших территориях ряда европейских стран. Топливный кризис в условиях роста потребностей в металле стимулировал использование минерального топлива: вначале каменного угля, затем его производного — кокса. Переход на выплавку чугуна с применением кокса потребовал расширения добычи угля и создания специального производства для его переработки. Это еще более отрицательно сказалось на природе. Такая технологическая цепочка возникала практически в каждой отрасли производства. В результате развитие сырьевой базы для получения различных материалов стало оказывать все более разрушающее воздействие на природу. Сначала экологические проблемы

захватывали ограниченные территории, затем целые регионы. В настоящее время экологический кризис приобрел планетарный характер.

Можно выделить несколько уровней влияния сферы производства и применения материалов на природную среду. Первый уровень — деятельность по добыче сырья. К нему относятся технологии добычи твердых ископаемых в шахтах и карьерах, жидкого и газообразного углеводородного сырья — с помощью скважин. С этим связаны отчуждение и загрязнение все больших территорий, в том числе и плодородных земель, механическое и химическое разрушение почвы. Отрицательное воздействие сказывается также на водном режиме огромных территорий. При существующих технологиях растут масштабы работ по снижению уровня грунтовых вод для предотвращения затопления шахт и карьеров. Загрязняются водоемы и воздушный бассейн, особенно в зоне крупных карьеров и эксплуатируемых месторождений нефти и газа. Увеличивается загрязнение Мирового океана вследствие расширения эксплуатации морских месторождений углеводородного сырья. Рост объемов морских танкерных перевозок, особенно в аварийных ситуациях, влечет за собой опасность уничтожения флоры и фауны на больших акваториях.

Серьезные экологические проблемы возникают при разработке проектов освоения подводных месторождений различных металлов и других полезных ископаемых, находящихся и в структурах, аналогичных земным месторождениям, и в виде конкреций. Однако отнюдь не экологические, а в основном только экономические и технические проблемы сдерживают пока развитие подводной добычи твердых полезных ископаемых.

Отрицательные последствия для природной среды имеют возрастающие заготовки древесины, используемой для изготовления различных материалов и строительных конструкций, а также и для химической переработки. В мире неуклонно снижаются воспроизведенные возможности леса и как основного производителя кислорода, и как природного фильтра, очищающего воздушный бассейн, и как одного из компонентов территориального природного комплекса, влияющего на климат, водный режим рек, эрозионные процессы, животный и растительный мир.

Второй уровень включает процессы первичной (подготовительной) и основной переработки сырья, т. е. собственно производство материалов. Многие технологические процессы, такие как получение металлов, пластмасс, цемента, оказывают разрушающее воздействие на внешнюю среду. Например, используемые технологии в черной металлургии связаны со значительными выбросами в атмосферу пыли и различных химических соединений, загрязнением большого количества воды, потребляемой в процессе производства, существенными температурными и другими вредными воздействиями на внешнюю среду. Существующие методы очистки выбросов обеспечивают только частичное снижение уровня загрязнения среды по отдельным составляющим. В цветной металлургии, в химических производствах материалов еще более широк спектр вредных для живых организмов химических соединений, поступающих в водный и воздушный бассейны.

Производство кислорода, азота и других газов для технологических нужд, применение воздуха как сырьевого ресурса, а также неполное (некомплексное) использование сырьевых ресурсов, образование и накопление огромных запасов отходов производств, получение больших масс побочных продуктов, не связанных с основным производственным циклом, приводит к загрязнению воздушного бассейна.

Третий уровень охватывает производства, применяющие материалы для создания машин и оборудования различного назначения. Здесь воздействие на окружающую среду в целом существенно меньше, чем на первых двух уровнях, носит более локальный характер и в основном связано с использованием некоторых материалов и технологий, требующих высоких температур, расхода водных ресурсов, что также приводит к загрязнению воздушного и водного бассейнов токсичными веществами.

Четвертый уровень — загрязнение внешней среды изделиями и материалами, отработавшими свой ресурс, и отходами производства. Это лом черных и цветных металлов, использованные изделия из пластмасс, амортизированные бетонные и железобетонные конструкции и другие виды отслуживших свой срок материалов.

Большинство таких отходов не разрушаются в естественных условиях на исходные составные природные элементы и требуют переработки, уничтожения или хранения в специально отведенных накопителях. Только некоторая их часть после необходимой обработки используется как вторичное сырье. Следует особо отметить, что рост производства и потребления конструкционных материалов вызывает соответствующее ускорение развития ряда других производственных систем, также отрицательно воздействующих на окружающую среду (энергетика, транспорт и др.).

Можно выделить несколько видов воздействия производственных технологий на окружающую среду и охватываемые территориальные комплексы. Во-первых, локальное воздействие на ограниченную территорию самого производственного объекта и его структурные элементы. Применительно, например, к металлургическим и химическим технологиям загрязнение производственной среды на предприятии характеризуется повышенным содержанием в воздухе пыли и токсичных газов, высокими температурой и уровнем шума, отрицательными световыми эффектами, загрязнением территории различными отходами производства. На металлургических заводах выбросы пыли составляют в среднем 350—600, двуокиси серы — 600—1800, а окиси углерода — 1000—2500 т/сут [3]. Непосредственному воздействию этих отрицательных факторов подвергается в первую очередь производственный персонал предприятия.

Во-вторых, воздействие на более или менее крупный регион — промышленный район или узел. В этом случае воздействию подвергаются воздушная и водная среда, в том числе и подземные водные источники, растительный и животный мир, т. е. в целом среда обитания данного региона. Рост объемов и концентрация производства в рамках определенных территорий привели в странах с развитой промышленностью к появлению регионов, где концентрация вредных веществ в водном и воздушном бассейнах превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) и где отмечается повышенный температурный фон, акустическое загрязнение и др. По данным Госкомстата СССР, в 1987 г. в атмосферном воздухе 102 городов страны максимальные концентрации некоторых вредных веществ превышали допустимый уровень в 10 и более раз. В первую очередь это относится к крупным металлургическим центрам, где выбросы достигли огромных размеров: Мариуполь — 785,8, Магнитогорск — 871,4, Новокузнецк — 892,8, Челябинск — 420,1 тыс. т в год [4; 5].

В-третьих, увеличение числа неблагоприятных по экологическим параметрам регионов и продолжающееся в огромных объемах производство конструкционных материалов оказывает воздействие на природную среду уже в масштабе целых континентов, бассейнов крупных речных и озерных систем, охватывающих территории различных стран.

Самым тревожным является то, что происходит постоянное накопление вредных веществ в биосфере земли вследствие того, что естественные восстановительные силы природы уже не могут обеспечить их нейтрализацию.

Разумеется, в общественном сознании все более утверждается понимание того, что природные ресурсы конечны, а степень вмешательства человека в процессы, протекающие в природе, имеет объективные границы, преступив которые мы попадаем в зону необратимой деградации природной среды.

К сожалению, это осознание современной экологической ситуации в конкретной научно-исследовательской, проектно-конструкторской и производственной деятельности еще не стало реально значимым фактом. В принципе спасительной может оказаться как будто бы наметившаяся с начала 80-х годов тенденция снижения темпов роста мирового производства конструкционных материалов. Данные статистики показывают, что в текущем десятилетии практически прекратится рост производства стали и древесины (пиломатериалы), существенно снизятся темпы прироста производства пластмасс и некоторых видов цветных металлов. Только производство цемента пока сохраняет близкие к прежним темпы прироста. Сейчас еще трудно оценить, насколько устойчивой окажется эта новая тенденция. Но уже ясно, что многие прогнозы 60-х годов, предсказывавшие рост производства отдельных видов конструкционных материалов, оказались ошибочными. Так, по данным различных прогнозных источников, объем производства стали должен был составить в 1980 г. 800—830 млн. т при потребности 900 млн. т [6]. Как отмечалось ранее, в 1980 г. объем мирового производства стали составил 720 млн. т и в течение последующих семи лет остается на этом уровне. Нет никаких реальных предпосылок к тому, чтобы в 2000 г. производство стали могло бы составить или даже приблизиться к величине в 1600—1700 млн. т, как это прогнозировалось в тех же работах.

В целом тенденция к снижению темпов роста объемов общего производства конструкционных материалов отражает новую научно-техническую и экономическую ситуацию в развитых странах — основных производителях и потребителях этих материалов, но, по нашему мнению, пока прямо никак не связана с пониманием и влиянием проблем защиты окружающей среды. И это несмотря на то, что именно проблемы сохранения среды обитания, обеспечивающей необходимое качество жизни, здоровье живущих и будущих поколений, с каждым годом приобретают все большую остроту.

Многие исследователи и разработчики новых материалов и технологий их производства и применения оказываются не готовыми к восприятию своей профессиональной деятельности как опосредованно влияющей на окружающую среду.

Как правило, занимаясь решением локальной задачи, исследователь-прикладник не видит проблему в целом. Поэтому важнейшим начальным этапом оптимизации взаимодействия развивающегося производства и природной среды является осознание и учеными, и проектно-конструкторскими работниками, и производственниками своей личной ответственности за отрицательное влияние результатов своей деятельности на природу на всех стадиях цикла производства и использования материалов.

Один из путей снижения отрицательного влияния производства материалов на природу — рациональное использование имеющегося набора материалов. Выбор материала, наиболее полно отвечающего условиям работы изделия не только по целому комплексу рабочих параметров, но и по экологическим качествам, представляет очень сложную задачу. Для ее решения в ряде стран созданы автоматизированные системы и банки данных, содержащих характеристики различных видов конструкционных материалов. Оптимизация подбора материалов позволяет существенно снизить их удельный расход, уменьшить общую материалоемкость машин и сооружений. Это обеспечивает возможность снижения удельных объемов общего производства материалов, а значит, и снижение нагрузки на окружающую среду за счет уменьшения объемов добычи сырьевых ресурсов и их переработки, уменьшения объемов потребляемой энергии, капитальных затрат, расходов на оборудование, на транспортные операции, снижение других вредных вторичных последствий. Не менее важно оптимизировать набор конструкционных материалов с учетом влияния их производства и потребления на экологическую ситуацию.

Улучшение характеристик качества различных материалов (прочность, коррозионная стойкость, жаропрочность, хладостойкость и др.), позволяющее снизить их удельный расход, также важный резерв уменьшения экологической нагрузки от их производства. Известно, например, что теоретически достижимые показатели прочности сплавов на основе железа на порядок и более превышают максимальные значения, достигнутые в настоящее время. Для сплавов из многих металлических материалов и особенно для большинства видов пластмасс важно повышение длительной прочности и в целом стабильности свойств во времени в широком диапазоне температур и других параметров эксплуатационной среды. И здесь теоретически достижимые пределы во много раз превосходят показатели, которые обеспечивают сегодняшнее производство [7].

Однако самое главное в современных условиях — коренное совершенствование технологий производства основных видов материалов, уменьшение их воздействия на природу.

Ранее большинство технологий разрабатывалось в условиях, когда перед исследователями и конструкторами ставилась в качестве главной задача получения материала с заданными свойствами. В большинстве случаев важным и, пожалуй, единственным ограничителем был экономический, однако без учета затрат, связанных с природоохранными мероприятиями. Природа еще рассматривалась как бездонный колодец; в крайнем случае проблемы ее защиты поручалось решать другой группе исследователей («дворников»), задачей которых было «улавливание» экологически вредных, различных по форме воздействия технологических отходов на «периферии» производственных процессов. Основным направлением было и остается строительство различных типов специальных очистных сооружений, «примыкающих» к действующим технологиям. К сожалению, непомерное увеличение числа очистных систем в конечном счете само приводит к росту энергозатрат и материалов, а значит, к увеличению нагрузки на внешнюю среду, росту загрязнений [8]. Ясно, что только принципиально новые подходы к технологиям, разработка и использование безотходных производственных циклов могут обеспечить реальное снижение уровня воздействия промышленности материалов на среду обитания.

Однако зарождение такого подхода к экологической проблеме еще не означает, что уже сформировалась и реализуется новая стратегия развития исследователей и разработок. В практике, в отраслевой науке особенно, продолжают господствовать старые взгляды. Для разработчиков материалов главным престижным и «завораживающим» ориентиром остается достижение набора заданных технических характеристик материала любыми средствами. Разработчики технологий пока нацеливаются на достижение показателей, обеспечивающих «внутреннюю», ведомственную эффективность.

Естественно, что природоохранные «добавления» к технологическим процессам приводят к их усложнению и удорожанию, особенно в наиболее распространенной пока форме «встраивания» в процессе «извне». Отраслевая ведомственная наука, утратившая в значительной мере научную объективность, отстаивает вполне определенные интересы, отражающие односторонний подход патронирующего ее ведомственного производственного сообщества, частью которого она сама

является. Поэтому она стремится всячески преуменьшить значение «вклада» своего производства в суммарное воздействие техноструктуры на внешнюю среду, включая производственный персонал данного промышленного объекта, региональные экосистемы, население промышленных зон. Но известно, что уже сейчас существуют промышленные узлы с высокой концентрацией экологически грязных производств, где необходимы либо приостановка, либо полное прекращение работы объектов с наиболее высокой степенью воздействия на окружающую среду.

Принцип безотходности производства как важнейший ориентир исследовательской и последующей производственной деятельности наиболее полно отражает суть проблемы, с которой столкнулась цивилизация в своем развитии. Накопленный опыт подсказывает, что именно он должен быть распространен на все стадии общего производственного цикла, включая добычу и комплексную переработку твердого сырья, полное извлечение всех полезных элементов, использование в различных, в том числе рекультивационных целях «инертных» остатков, шламов, «хвостов», улавливание попутных веществ [9]. На следующих стадиях непосредственно в технологиях производства материалов важно не только не допустить образования выбросов пыли и газов, предусмотреть оборотные циклы и очистку воды и других технологических жидкостей, но и обеспечить резкое снижение тепловых потерь, уменьшение уровня акустического и светового загрязнения и др. Особое значение приобретают процессы рационального использования и утилизации отходов и амортизированных материалов. Важнейшее условие при разработке экологически чистых технологий — рассмотрение экологической составляющей как «внутреннего» компонента процесса. Технология будущего должна обеспечивать такое протекание процесса, при котором вообще не будет возникать потребность в улавливании или очистке побочных продуктов производства в конце технологической цепочки.

Перевод на новый уровень всего производства материалов (металлургия, химическая промышленность, промышленность строительных материалов и др.) потребует астрономических затрат. Однако у человечества уже в ближайшем будущем, вероятно, не будет иной альтернативы. Комплексное использование всех сырьевых компонентов может позволить компенсировать в значительной мере эти затраты и обеспечить снижение или исключение все увеличивающихся расходов на природоохранные мероприятия, связанные с улавливанием и очисткой выбросов на периферии процессов. Если технология не будет давать таких выбросов, а сэкономленные ресурсы будут направляться на реконструкцию самих технологий, в целом перевод производственного аппарата на новый технологический уровень может оказаться не только реальным, но и не таким дорогостоящим, как представляется сегодня.

В современной ситуации главным в исследованиях, связанных с производством материалов, является переключение внимания фундаментальной и прикладной науки с тактических задач усовершенствования существующих технологий на стратегическое направление — разработку принципиально новых экологизированных производств. Это требует принципиально иного подхода к организации исследований, обеспечения более высокого уровня взаимодействия и наук, и научных организаций различных ведомственных систем, и ученых, через реальную деятельность которых осуществляется такое взаимодействие.

Список литературы

1. Техника в ее историческом развитии. М., 1979.
2. Народное хозяйство СССР/Статистический ежегодник, 1985. М., 1986.
3. Куца М. И., Федулова В. А. и др. Загрязнение территории металлургического завода компонентами выбросов в атмосферу // Отраслевой тематический сборник, № 9. Очистка водного и воздушного бассейнов на предприятиях черной металлургии. М., 1981. С. 35—43.
4. Народное хозяйство СССР/Статистический ежегодник, 1987 г. М., 1988.
5. Об охране окружающей среды // Вестн. статистики. 1988. № 11. С. 55—57.
6. Байнхауэр Х., Шмакке Э. Мир в 2000 году. Свод международных прогнозов. М., 1973.
7. Ребиндер П. А. Развитие физико-химической механики материалов как новой пограничной области знания // Новые материалы в технике и науке: прошлое, настоящее, будущее. М., 1966. С. 17—37.
8. Паршенков С. А. Тенденции развития технологии, приводящие к увеличению загрязнений и пути их преодоления // Проблемы биосферы: Информ. материалы. 1985. Вып. 5. С. 57—60.
9. Лемешев М. Я., Анучик В. А., Колбасов О. С. и др. Социализм и природа/Научные основы социалистического природопользования. М., 1982.