

# ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТАЛЛУРГИИ

---

УДК 669

Б. М. НЕМЕНЕНОК, докт. техн. наук,  
Ю. Г. АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук,  
Б. А. КАЛЕДИН, канд. техн. наук,  
В. М. КОРОЛЕВ, канд. техн. наук (БГПА)

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Металлургическое производство, включающее в себя помимо продукции металлургических заводов литейное, кузнечно-штамповочное, сварочное и термическое производство, порошковую металлургию и другие, является основной базой машиностроения Беларуси. XX столетие знаменательно для отечественной металлургии созданием крупного современного производства (Белорусский металлургический завод, гомельский завод «Центролит» и др.) и металлургической науки, которая базировалась на достижениях химии, физики и механики. Достижения и результаты металлургической науки открыли новые возможности для развития материаловедения и разработки новых сплавов, металлических и неметаллических материалов. Успехи отечественной металлургии и материаловедения способствовали подъему машиностроения республики.

Однако современный этап характеризуется кризисными процессами, обусловленными спадом производства в странах СНГ и прежде всего в России. Возникли новые научные и технические проблемы в развитии металлургического производства. Помимо снижения массы заготовок заказчики предъявляют повышенные требования к надежности, точностным и прочностным характеристикам заготовок, полуфабрикатов и готовой продукции. Требуется, чтобы эти изделия обладали высокой надежностью, а также способностью выдерживать высокие статические и динамические нагрузки, повышенные рабочие температуры и сохранять свои свойства в коррозийной и агрессивной средах.

В связи с этим определились основные пути развития и совершенствования металлургии в Беларуси: комплексное использование сырья, снижение энерго- и материалоемкости на единицу металлопродукции, создание полностью экологизированных технологий, сосуществующих с окружающей средой, использование новых исходных веществ и материалов в технологиях металлургического производства. Проблема утилизации отходов, сбережения материальных ресурсов и экологической безопасности превращается в одну из основных для цивилизации XXI в. и прежде всего для металлургической науки.

Обеспечение конкурентоспособности продукции машиностроения невозможно без внедрения новых материалов и прогрессивных технологий их получения и обработки. Успехи современного материаловедения в определяющей степени связаны с установлением зависимостей особых свойств материалов от способов изготовления и обработки. Соответствующие исследования реализуются в программах «материал — свойства», «материал — технология» и т. п. В настоящее время возможности использования традиционных методов обработки материалов с целью повышения их эксплуатационных характеристик уже практически исчерпаны. Это обуславливает интенсивное внедрение в практику материаловедения методов получения метастабильных фаз в неравновесных условиях, таких как обработка материалов энергией взрыва, термомеханическая обработка, электростимулированная прокатка, методы динамического формования порошков и т. п. [1—3].

Эти методы обеспечивают существенное улучшение качества материалов и изделий из них, однако не позволяют получать структурные состояния вещества, качественно отличные от структурных состояний, образуемых вблизи термодинамического равновесия. Это, естественно, ограничивает возможности целенаправленного управления свойствами обрабатываемых материалов.

Традиционные технологии производства материалов базируются главным образом на процессах, обеспечивающих получение структур в условиях стремления системы к минимуму свободной энергии, когда невозможно получить материал с однородными свойствами и структурой.

Принципиально новые возможности открывают разрабатываемые в последние годы технологии, в основе которых лежат процессы самоорганизации диссипативных структур при интенсивных воздействиях на обрабатываемые материалы [3]. Поскольку самоорганизация этих структур в термодинамических открытых системах происходит, когда внешние силы или потоки энергии

(вещества) превышают пороговые значения, технологии, основанные на явлениях самоорганизации диссипативных систем, можно назвать экстремальными.

Научной основой экстремальных технологий, позволяющей целенаправленно управлять свойствами получаемых материалов и изделий из них и эффективно оптимизировать технологические циклы, является синергетика [4, 5]. Напомним, что название «синергетика» происходит от греческого слова, означающего совместный, согласованно действующий, и отражает как кооперативную природу взаимодействия, ответственного за самоорганизацию систем самой различной природы, так и кооперирование методов различных наук (физики, химии, биологии, социологии и т. п.) для выявления общих принципов, управляющих самоорганизацией больших систем [6, 7].

Стремление сильно неравновесных открытых систем к самоорганизации обуславливает высокую энергетическую эффективность экстремальных технологий, что обеспечивает максимально высокий выход новой фазы при минимальных энергетических затратах на ее образование, а также высокую экологическую чистоту экстремальных технологий [8].

В связи с этим растут роль и значение фундаментальных исследований в металлургии, которые имеют характерное для них своеобразие, облегчающее выбор направлений поисковых разработок конкретного характера и позволяющее развернуть широкие прикладные исследования с использованием методологий физической химии, системного анализа, теории вероятностей и математической статистики; технико-экономической оценки и других наук.

Поэтому главной целью предлагаемой межвузовской программы фундаментальных исследований «Металлургические процессы» является изучение механизма формирования заданной микро- и макроструктуры различных материалов при воздействии на них механических, тепловых и высокоцентрированных источников энергии; установление количественных связей между технологией получения заготовок, их микро- и макроструктурой и свойствами, в том числе и эксплуатационными, повышение надежности и долговечности изделий. Для достижения этого требуется решить ряд промежуточных целей и подцелей, вплоть до конкретных разработок, что позволит выполнить программу в полном объеме с соответствующим эффектом. В частности, будут продолжены работы по теоретическим и экспериментальным основам формирования структуры чугунных, стальных и цветных отливок; разработаны

математические модели, позволяющие количественно оценить степень влияния химического состава и различных технологических факторов на конечную структуру слитков.

В области теории обработки материалов давлением предполагается разработка теоретических основ комбинированных методов обработки, слоистых композиционных материалов, способов переработки компонентов боеприпасов.

Широкий цикл исследований намечается провести в области термической, химико-термической и термомеханической обработки: разработка теории создания полиметаллических коррозионно-стойких материалов, научных основ получения структур типа «Шарпи» при поверхностном легировании сталей; оптимизация процессов упрочнения при термической, химико-термической и термомеханической обработках и др.

Глубокие исследования предполагается провести в области порошковой металлургии и контактной сварки. В частности, планируется разработка научных основ и технологии получения композиционных материалов на основе керамических аморфизированных порошков; методов повышения надежности конструкционной керамики и др.

Структура программы предусматривает несколько блоков (разделов): разработка научных основ литейного производства; теория обработки материалов давлением; научные основы термической, химико-термической и термомеханической обработок; порошковая металлургия; сварка.

Для решения задач, стоящих в каждом блоке, будут предложены различные пути и средства, представленные в виде теории, разработок, технологий, методов испытаний и т. п.

Принципиальной новизной предлагаемой программы в целом является системный подход к решению указанных выше проблем и задач, комплексное решение научных и технико-экономических задач. В частности, будут развернуты работы по новому направлению — извлечение дорогостоящих и дефицитных металлов (Cr, Ni, Mo, V, Cu и др.) из отходов химической, нефтеперерабатывающей, легкой, металлургической, машиностроительной промышленности с целью их возврата в оборот. Для решения этой задачи планируется проведение работ по созданию теоретических основ восстановления металлов (кинетика и термодинамика химических реакций); разработка и оптимизация технологических процессов переработки отходов.

Предусматриваются также внедрение экологически чистых процессов переработки шламовых отходов гальванических произ-

водств; разработка математических моделей управления структурой и свойствами литейных сплавов и отливок, поковок и штамповок, изделий, подвергаемых термической и химико-термической обработке.

Планируется исследование влияния фуллеренсодержащих и активирующих добавок на свойства специальных сплавов, порошковых и керамических материалов.

Особое внимание будет уделено фазовому превращению одной кристаллической структуры в другую под воздействием высокого давления и температуры, получению сверхтвердых материалов путем спекания при высоких давлениях в сочетании с фазовым переходом; изучению влияния состояния частиц спеченного материала на распределение их диаметров, ориентацию молекул, структуру дефектов кристаллической решетки и т. д.

Кроме того, будут созданы теоретические и технологические основы интенсификации процессов обработки материалов и поверхности изделий, базирующихся на наследственности и самоорганизации поверхностных явлений при управлении формированием структур и фаз, повышающих прочность и эксплуатационные свойства деталей машин и изделий. Будут разработаны математические модели, описывающие структурные изменения и фазовые переходы в процессах термической, химико-термической, термомеханической, физико-химической и лучевой обработки различных материалов.

Результаты этих исследований будут использованы для разработки производственных технологий получения высококачественных отливок, поковок, штамповок, сварных соединений, новых способов термической и химико-термической обработки изделий, создания новых композиционных материалов и технологий использования промышленных отходов. Для достижения поставленных целей и решения указанных выше задач в вузах накоплен достаточный научно-технический потенциал и опыт внедрения эффективных разработок в производство.

Нет сомнения, что выполнение исследований, предусмотренных межвузовской программой фундаментальных исследований, позволит разработать научные и технологические основы конкурентоспособных, малоотходных, энергосберегающих процессов получения новых материалов, заготовок и изделий металлургического и машиностроительного производства, ускорит развитие научно-технического прогресса в нашей стране.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Прюммер Р.* Обработка порошкообразных материалов взрывом. — М.: Мир, 1990. — 128 с.
2. *Райченко А. И.* Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока. — М.: Metallurgia, 1987. — 130 с.
3. Итоги науки и техники. Серия. Metallovedenie и термическая обработка. — № 24. — М.: ВНИИТИ, 1990. — 224 с.
4. *Хакен Г.* Синергетика. — М.: Мир, 1980. — 406 с.
5. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. — М.: Мир, 1985. — 419 с.
6. *Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. — М.: Мир, 1973. — 280 с.
7. *Моисеев Н. Н.* Алгоритмы развития. — М.: Наука, 1987. — 303 с.
8. Актуальные проблемы порошковой металлургии / Под ред. О. В. Романа и В. С. Аруначалама. — М.: Metallurgia, 1990. — 232 с.

УДК 536.12:518.61

**Ю. С. ПОСТОЛЬНИК**, докт. техн. наук (ДГТУ, Украина),  
**В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ**, докт. техн. наук (БГПА),  
**А. П. ОГУРЦОВ**, докт. техн. наук (ДГТУ, Украина),  
**И. А. ТРУСОВА**, канд. техн. наук (БГПА),  
**В. В. ФИЛИППОВ** (БМЗ), **С. М. КОЗЛОВ** канд. техн. наук,  
**П. Э. РАТНИКОВ** (БГПА)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОТОЧНОГО ТЕПЛООБМЕНА В МЕТАЛЛУРГИИ: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ**

Теплообмен (ТО) движущихся навстречу твердого тела (материала) и газа широко распространен в технике и прежде всего в металлургии. Например, нагрев шихтовых материалов в доменных печах и заготовок металла в проходных и методических печах, охлаждение агломерата и окатышей на охладителях шахтного типа, сухое тушение кокса в УСТК и т. д. Противоточные процессы теплопереноса рассматриваются на различных уровнях приближения к действительности [1—20 и др.]. Инженерные методики расчета при этом чаще всего основываются на следующих упрощающих предположениях [2]:

1) частицы в слое рассматриваются как изолированные между собой термически тонкие тела;