

**И.П. БОРОВИНСКАЯ**, д-р техн. наук, проф.

Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения  
РАН (ИСМАН), п. Черноголовка

## СВС-ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ НА ПОРОГЕ XXI ВЕКА



**Инна Петровна Боровинская** - руководитель Исследовательского центра СВС в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН).

Научные интересы И.П.Боровинской связаны с химией и экспериментальной диагностикой механизма СВС-процессов, материаловедением и технологией СВС-продуктов, разработкой новых неорганических материалов.

Является автором свыше 200 научных публикаций и 100 патентов. Ей принадлежит (совместно с А.Г.Мержановым и В.М.Шкиро) научное открытие "явление твердого пламени", положившего начало созданию СВС-технологий производства неорганических веществ и материалов. Ряд результатов работ И.П.Боровинской с сотрудниками реализованы в промышленном масштабе в России и за рубежом.

Профессор И.П.Боровинская руководит секцией СВС ученого совета ИСМАН, является заместителем председателя научного совета по теории и практике СВС-процессов Министерства науки и технологий Российской Федерации, членом научных советов и редколлегии ряда журналов.

Лауреат Государственных премий Армении (1980) и Российской Федерации (1996), награждена почетной медалью "За открытие СВС и большой вклад в фундаментальные исследования, химию и технологию СВС" на IV Международном симпозиуме по СВС (Толедо, Испания). В 1999 г. за заслуги в области СВС получила правительственную награду - орден Дружбы.

Одним из наиболее актуальных и интересных направлений в области **самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)** является разработка принципиально новых технологий производства безвольфрамовых твердых сплавов и изделий из них различного назначения. Создание базы для развития отечественного научно-технического комплекса СВС постановлением Правительства 1979г. было поручено МНТК "Термосинтез" и ИСМАН, как головной организации. Работы по созданию СВС-технологий, твердосплавных материалов и изделий активно ведутся и в настоящее время. Сейчас уже можно подвести некоторые итоги, определяющие роль и место СВС в производстве твердосплавных инструментальных материалов, в том числе неперетачиваемых режущих пластин для обработки металлов и сплавов, в разработке конкретных деталей и изделий для машиностроения, в создании специальных твердосплавных порошкообразных композиций для защитных покрытий на детали машин и механизмов, полученных с помощью плазменных и детонационных методов, в синтезе оригинальных материалов для мишеней в установки магнетронного распыления и т.д.

Все работы по созданию СВС-технологий, а также твердосплавных материалов и изделий развиваются в настоящее время по двум основным направлениям:

- разработка эффективных методов и оригинального оборудования для производства порошкообразных компонентов твердых сплавов (карбидов, боридов металлов, сложных композиций на основе различных тугоплавких соединений) для использования в традиционных технологиях изготовления изделий (высокотемпературное печное спекание, горячее и изостатическое прессование);
- разработка принципиально новых вариантов СВС, в частности СВС-компактирования (совмещение синтеза с механическим прессованием) для получения плотных твердосплавных материалов и изделий пря-



мым одностадийным методом, минуя процессы приготовления исходных порошкообразных компонентов и их последующего спекания в изделия.

Оба направления включают в себя большой объем экспериментальных и теоретических работ, посвященных исследованию закономерностей и механизма СВС-реакций, изучению особенностей фазо- и структурообразования продуктов в режиме горения, определению физико-химических, механических и эксплуатационных свойств материалов и изделий, поиску областей их применения.

В данной статье представлены некоторые результаты изучения и практического использования СВС-твердых сплавов.

### СВС-порошки для производства твердых сплавов

Основу промышленных безвольфрамовых твердых сплавов, как известно, составляют карбиды и карбонитриды титана. В ряде случаев для улучшения эксплуатационных свойств в состав твердых сплавов вводят дополнительно карбиды тантала, ниобия, циркония и др. В связи с этим одной из первых задач СВС была разработка метода получения порошка карбида титана, отвечающего требованиям, предъявляемым к компонентам твердых сплавов, а также производство на его основе материалов и изделий для сравнения их эксплуатационных свойств с промышленными образцами. В Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения удалось синтезировать карбид титана из титана и углерода различного состава в области гомогенности, в том числе близкого по составу к стехиометрическому, который превосходил по химической чистоте свой печной аналог. Однако, отработывая методы получения порошков карбида, исследователи столкнулись с первым "сюрпризом" СВС. Особенности протекания экзотермических реакций, в частности, высокие температуры синтеза (до 3200°C), которые в 1,5–2 раза превосходят параметры печного производства карбида титана, способствовали образованию продукта с формой и свойствами частиц, близкими к монокристаллам. Такие порошки трудно размалываются и требуют тщательного подбора условий спекания. Поэтому, несмотря на хорошие результаты, полученные некоторыми исследователями при спекании СВС-карбида титана и изготовлении из него твердосплавных изделий с высокими эксплуатационными свойствами, для этого продукта была найдена более эффективная область использования – абразивная промышленность. Совместно с Институтом проблем материаловедения Украинской академии наук была проведена большая работа по созданию новых классов абразивных шлифпорошков и паст взамен карбидокремниевых, алмазосодержащих,

паст Гойя и др. Абразивные материалы на основе СВС-карбида титана с успехом использовались примерно на 2000 предприятиях пищевой, автомобильной и авиационной промышленности, в судостроении, на предприятиях, производящих топливную аппаратуру, при изготовлении вин, пива и т.д. Основным производителем порошков СВС-карбида титана стал Бакинский завод порошковой металлургии (Азербайджан), входящий в МНТК "Термосинтез" и освоивший порошковую СВС-технология. Это одна из первых успешных СВС-разработок, давшая большой экономический эффект.

Для использования СВС-продуктов в производстве твердосплавных материалов и изделий из порошка гораздо больший интерес вызвала возможность получения в одну стадию сложных композиций из нескольких карбидов (в том числе однофазных твердых растворов), а также карбидов с нитридами, боридами и другими тугоплавкими соединениями. Наиболее подробно был исследован порошок двойного карбида  $Ti-Mo_2C$  с разным соотношением компонентов. На основе этих порошков были приготовлены твердосплавные материалы с Ni-связкой (от 8 до 16 масс. %). Процесс изготовления твердых сплавов проводился по общепринятым схемам при производстве промышленных безвольфрамовых сплавов типа ТН (спекание в высокотемпературных вакуумных печах). Исследование структуры сплавов на основе сложного титан-молибденового карбида показало, что их пористость не превышает 0,05–1,0%, что указывает на хорошую смачиваемость карбидной составляющей никелем. При этом карбидные зерна  $(Ti, Mo)C$ , размером около 1 мкм, имеют "угловатую" форму, что очень важно для режущих сплавов. Наиболее прочным оказался сплав на основе твердого раствора состава  $Ti_{0,97}Mo_{0,03}C_{0,95}$ , который при твердости 92,4 HRA имеет предел прочности на изгиб 1800 МПа. Из сплавов на основе титан-молибденового карбида были изготовлены режущие пластины и пресс-матрицы для синтеза искусственных алмазов. Режущие свойства пластин определялись при точении стали 45 в сравнении со сплавом Т15К6 на следующих режимах: скорость резания  $v = 800$  м/с; скорость подачи  $S = 0,102$  мм/об; глубина резания  $t = 0,5$  мм. Для определения эксплуатационной стойкости пресс-матриц применяли стандартные установки ДО-137А. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, сплав с 92 масс. % титан-молибденового состава  $Ti_{0,95}Mo_{0,05}C_{0,95}$  и 8 масс. % никелевой связки обладает высокими режущими свойствами и может использоваться для точения металлов взамен промышленного вольфрамосодержащего Т15К6, а сплав состава  $Ti_{0,97}Mo_{0,03}C_{0,95}$  с 16 масс. % связки эффективен для изготовления технологической оснастки при получении искусственных алмазов.

Таблица 1

## Результаты испытаний пресс-матриц на эксплуатационную стойкость

Состав сложного карбида	Состав сплава, масс. %		Коэффициент стойкости при резании	Стойкость пресс-матриц (количество циклов синтеза алмаза)
	Ti <sub>1-x</sub> Mo <sub>x</sub> C <sub>0,95</sub>	Ni		
Ti <sub>0,93</sub> Mo <sub>0,7</sub> C <sub>0,95</sub>	84	16	1,4	2320
	88	12	1,8	2100
	92	8	2,1	1900
Ti <sub>0,95</sub> Mo <sub>0,05</sub> C <sub>0,95</sub>	84	16	2,9	3360
	88	12	3,5	3760
	92	8	4,0	4650
Ti <sub>0,97</sub> Mo <sub>0,03</sub> C <sub>0,95</sub>	84	16	2,5	6980
	88	12	2,7	4160
	92	8	3,1	3240

Очень перспективны также СВС-карбонитридные сплавы, легированные молибденом, имеющие твердость 91,5 - 92,0 HRA с пределом прочности на изгиб до 2000 МПа.

Интересные результаты сравнительного анализа свойств твердых сплавов на основе СВС-порошков, произведенных в России (Черноголовке), и традиционных печных порошков фирм других стран были получены японскими исследователями. По их данным, при одинаковой твердости прочность твердых сплавов, полученных с участием СВС-порошков, значительно выше. Японским исследователям удалось получить твердый сплав состава TiC-WC-TaC с кобальтовой связкой на основе СВС-порошков TiC и TaC с очень высоким значением предела прочности на изгиб (2330 МПа), конкурирующим с прочностью вольфрамовых сплавов.

Тормозом в дальнейшем развитии "порошкового" направления СВС-безвольфрамовых твердых сплавов в России является практически полное отсутствие спроса предприятий, производящих изделия из твердых сплавов, на отечественные разработки. По нашим сведениям, почти все твердосплавные производства в настоящее время переориентированы на зарубежные технологии и сплавы, и прорыв в области создания и использования СВС-твердых сплавов, к сожалению, скорее всего, произойдет за рубежом.

## СВС-порошки для газотермических покрытий

Повышение требований к машинам и механизмам, работающим при высоких температурах в условиях агрессивных сред, делает весьма актуальной проблему защиты рабочих узлов жаростойкими и износостойкими покрытиями. С помощью СВС-порошков можно получать защитные покрытия разного состава и с различными свойствами, используя методы плазменного и детонационного напыления. В качестве сырья для покрытий были испытаны СВС-порошки: TiC, TiN, TiC-TiN, TiB<sub>2</sub>, W<sub>2</sub>C-WC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiC-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> и др. Примером самого эффективного использования СВС-порошков в защитных покрытиях является титан-хромовый карбид (TiC-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>), плакированный никелем, и композит на основе этого карбида с никелем, полученный в одну стадию при горении Ti, Cr, C и Ni. Плазменные покрытия на основе СВС-титан-хромового карбида были испытаны в целях замены карбида хрома, применяемого в ведущих странах мира для защиты ответственных деталей авиационной и другой техники. Слабой стороной покрытий на основе товарного карбида хрома является их недостаточно высокая твердость и износостойкость. В табл. 2 приведены некоторые свойства плазменных СВС-покрытий из сложного титан-хромо-

Таблица 2

## Свойства плазменных СВС-покрытий и покрытий на основе промышленного карбида хрома

Основа покрытия	Пористость	Прочность адгезии, кг/мм <sup>2</sup>	Износостойкость, отн. ед.	Жаростойкость при 1200°C, отн. ед.
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> (промышленный)	9	1,5	1	1
TiC-Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> +Ni (плакированный)	2 - 7	2 - 5	~50	0,32
TiC-Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> +Ni (композит)	-	3,1	75 - 85	0,48



вого карбида в сравнении со свойствами покрытий на основе промышленного карбида хрома.

Как видно из таблицы, покрытия, полученные как из плакированных, так и из композитных порошков, имеют очень высокие показатели износостойкости. Часть испытаний были проведены в INASMET (Испания) на опытных образцах. Основную проверку защитные покрытия на основе СВС-титан-хромового покрытия прошли на реальных деталях машин и агрегатов, работающих в условиях высокотемпературного износа при воздействии виброударов и многократных циклических и термоциклических нагрузок, в условиях фреттинг-коррозии в окислительной среде до 900°С. Конкретный пример – СВС-покрытия на бандажных полках лопаток газотурбинных двигателей из титановых сплавов, увеличившие ресурс их работы почти неограниченно. Защитные СВС-покрытия в настоящее время уже работают на реальных авиационных двигателях. По данным Института проблем материаловедения Академии наук Украины, одна тонна СВС-порошка экономит 40 - 200 тонн высоколегированных сталей. Использование этого порошка в технике привело к рекордному в области СВС удельному экономическому эффекту от 1 до 10 млн руб. на 1 кг порошка (в ценах 1990 г.). В настоящее время это направление активно развивается в ИСМАН в сотрудничестве с организациями и предприятиями авиационной промышленности Украины.

### Безвольфрамовые твердые сплавы группы СТИМ

Одним из самых оригинальных и удивительных приемов СВС является СВС-компактирование – метод,

позволяющий получать компактный твердосплавный материал, имеющий, как правило, сложный состав, или изделие заданной формы, совмещающая в одну стадию непосредственно синтез нужных соединений (карбидов, боридов и др.), формирование структуры материала, регулирование пористости, сохранение геометрических размеров. Необычность процесса заключается еще и в том, что он протекает в течение нескольких секунд или минут при использовании только внутренней энергии реагирующих систем (без внешнего нагрева) при механическом воздействии на реакционную массу. С помощью этого варианта СВС в настоящее время получена целая гамма материалов **СТИМ (синтетических твердых материалов)** и изделий различного назначения.

В табл. 3 представлены некоторые физико-механические свойства сплавов СТИМ, имеющих разный состав износостойкой составляющей и металл-связку. Как видно из таблицы, твердые сплавы СТИМ представляют собой как высокотвердые, так и высокопрочные материалы. Некоторые из них обладают уникальными свойствами. Так, например, сплав на основе TiC–TiN (СТИМ-5) имеет высокую режущую способность:

- **углеродистые стали:**  $v = 150 - 250$  м/мин,  $S = 0,05 - 0,5$  мм/об,  $t = 0,5 - 3$  мм;
- **конструкционные стали:**  $v = 100 - 150$  м/мин,  $S = 0,05 - 0,5$  мм/об,  $t = 0,5 - 3$  мм.

Стойкость при резании примерно в 10 раз выше стойкости промышленных резцов из Т15К6. На уровне лучших керамических неперетачиваемых пластин при высоких скоростях резания работают сплавы группы СТИМ-1. Рекордсменом по окалиностойкости яв-

Таблица 3

### Физико-механические свойства сплавов СТИМ

Марка сплава	Основной состав сплава	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Средний размер зерна, мкм	Твердость, HRA	Предел прочности на изгиб, МПа	Рекомендуемые области применения
СТИМ-1	TiC–TiB <sub>2</sub>	4,94	5 – 7	93,5	700 – 800	Режущие пластины
СТИМ-2	TiC(Ni)	6,40	1 – 2	87	1600 – 1800	Штамповый инструмент
СТИМ-3	TiC–Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> (Ni); TiC–Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> (сталь)	5,37	3 – 4	92,5	800 – 1000	Режущие пластины. Окалиностойкие изделия
		5,40	2 – 4	92,5	700 – 800	
СТИМ-4	TiB–Ti	4,20	1 – 2	86	1200	Изделия, стойкие к тепловому удару.
Нестехиометрический СТИМ-5	TiC–Ti; TiC–TiN (Ni–Mo)	5,8	1 – 2	91,5	1200 – 1400	Изделия, стойкие к удару. Режущие пластины

ляются сплавы СТИМ-3 (на основе  $TiC-Cr_3C_2$ ). Эти сплавы нашли применение для штамповой оснастки, работающей при температуре  $\leq 1100^\circ C$  (предел прочности на сжатие при  $1100^\circ C \sim 600$  МПа). Стойкость оснастки при этой температуре в 5–6 раз выше, чем у аналога из сплава ЖС6У.

Уникальные крупногабаритные изделия из сплавов группы СТИМ, полученные с помощью СВС-компактирования, практически не имеют аналогов в мировой практике. Наибольшее применение для синтеза таких изделий получил сплав СТИМ-4 на основе моноборида титана. В этом направлении успешно решается задача по созданию коррозионно-стойких валков для прокатки цветных металлов (меди, алюминия). Валки прошли испытания в производстве медной катанки. Разработана технология СВС-компактирования твердосплавных дисков диаметром до 400 мм с пространственной однородностью заготовки (разброс свойств не более 1,5%). Успехи в получении крупных твердосплавных изделий привели к созданию нового класса материалов – макрокомпозигов, состоящих из твердосплавных элементов и металлической матрицы. Такие материалы сочетают в себе свойства твердых сплавов и пластичных металлов. Они могут быть использованы в качестве блоков фильер для экструзии пластмасс и полимерных материалов, деталей смесителей и др.

К новейшим результатам в области СВС-компактирования можно отнести получение так называемых **функционально-градиентных материалов (ФГМ)**. Эти материалы имеют переменный состав по объему изделия (часто заранее заданный). Большую активность в создании таких материалов проявляют японские исследователи. В ИСМАН на основе карбида титана синтезированы ФГМ, обладающие аномально высокой ударной вязкостью (в 15 раз выше, чем у однородных сплавов того же состава, и в 2,7 раза большей, чем у наиболее стойкого к удару промышленного ТСВК20).

Говоря о новейших разработках по созданию СВС-твердых сплавов, нельзя не упомянуть о получении материалов СТИМ с алмазным наполнителем. Эти материалы весьма перспективны для использования в металлообработке. Высокие скорости горения, развивающиеся при синтезе СТИМ-материалов, позволяют подобрать такие условия процесса, при которых кристаллы алмаза, помещенные в исходную шихту, сохраняют свою форму и размеры. Работы проводятся совместно с Московским институтом стали и сплавов (МИСиС) и японскими исследователями. Для создания алмазосодержащих СТИМ-материалов были выбраны системы  $Ti+B$ ,  $Ti+2B$ ,  $Ti+C$ , интерметаллиды и другие, а также синтетический алмазный порошок АС-20. Разнообразие СВС-систем позволяет в широком диапазоне варьировать механические свойства и

состав алмазосодержащих композиций. Серия испытаний таких материалов позволила составить рекомендации для их использования в обработке твердых неметаллических материалов типа силицированного графита, самосвязанного карбида кремния и др.

Следует сказать еще об одной нетривиальной области, для которой создание СВС-компактных материалов может стать необходимым. Такой областью является производство тонких пленок с помощью магнетронного напыления. Как известно, для создания термостойких, термостабильных и химически стойких пленок резисторов, конденсаторов и т.д. используются мишени на основе металлов и других материалов.

СВС-карбиды, -бориды, -силициды, -интерметаллиды и т.д. в виде компактных мишеней, полученные с помощью СВС-компактирования, могут быть весьма перспективными. Они позволяют значительно расширить температурный диапазон работы тонкопленочных резисторов, шкалу номинальных значений сопротивления, увеличить срок службы и надежность. Эти работы ИСМАН проводит совместно с МИСиС. Изготовленные с помощью СВС-компактирования мишени распылялись в магнетронных установках типа УРМ при постоянном или переменном токе на неподвижную подложку. Конструкция магнетрона позволила получить приемлемую равномерность удельного поверхностного сопротивления пленок (в пределах  $\pm 5\%$ ), формировать устойчивый разряд. Пленки осаждались на монокристаллах NaCl и пластинах поликора. В качестве электрофизических характеристик, определяющих служебные свойства тонкопленочных резисторов, а также области их применения, были выбраны удельное поверхностное электросопротивление  $\rho_s$ ; термический коэффициент сопротивления ТКС, измеряемый в диапазоне температур от  $-60$  до  $+125^\circ C$ ; временная стабильность  $K_{ст}$ .

Наиболее подробно изучены пленки, нанесенные с помощью СВС-мишени состава  $TiC-TiB_2$ . Анализировалась тонкая структура пленок с  $\rho_s = 50$  ом/□, полученных в режиме высокочастотного (ВЧ) распыления. В качестве объекта для использования выбраны мишени состава 60%  $TiC + 40\% TiB_2$ , которые оказались наилучшими с точки зрения структурной стабильности и электрофизических характеристик. По результатам исследований разработаны технические условия (ТУ) на резистивные мишени марки ОСТ 6040 с разделом "Указания к применению".

В настоящее время в ИСМАН активно проводятся работы по созданию твердосплавных мишеней из безвольфрамовых твердых сплавов для нанесения высокоизносостойких покрытий на ответственные детали машин, работающих при высоких температурах в условиях агрессивных сред.

В заключение можно сказать, что конец XX века ознаменован целым спектром принципиально новых отечественных технологий получения материалов для новой техники, основанных на процессе горения, который чаще воспринимался человечеством как разрушитель, а не как созидатель. Ученым и производственникам удалось только “подступиться” к понима-

нию и использованию возможностей этих технологий, хотя в области СВС работают уже более 40 стран мира. Можно с достаточной долей уверенности прогнозировать, что в XXI столетии СВС-технологии заменят многие традиционные методы создания материалов и не будут считаться “экзотикой”, как их называли в первые годы создания.

**В.К.ПРОКУДИНА**, канд. техн. наук

*Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения  
РАН (ИСМАН), п. Черноголовка*

## СПРАВОЧНИК «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ СВС»



**Валентина Константиновна Прокудина** – специалист в области СВС и порошковой металлургии. Она впервые показала принципиальную возможность получения в режиме горения промышленных количеств порошков тугоплавких соединений различных классов, установила основные зависимости между физико-химическими характеристиками сырья, технологическими параметрами синтеза и свойствами соединений СВС.

На основе исследований, проведенных В.К. Прокудиной, и разработанной под ее руководством технологической документации на процессы и продукцию СВС организовано опытно-промышленное производство ряда материалов на предприятиях России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

В.К.Прокудина автор 30 статей, более 40 отчетов, 13 авторских свидетельств и патентов, включая внедренные на действующих предприятиях. Ею сделано около 20 докладов на научных конференциях и симпозиумах. Она награждалась медалями ВДНХ, медалью «Ветеран труда» и неоднократно различными значками и грамотами.

Открытый в ходе научных исследований горения способ **самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)** тугоплавких неорганических соединений к настоящему времени нашел широкое практическое применение в России, странах ближнего и дальнего зарубежья.

На основе СВС разработаны энергосберегающие технологические процессы получения материалов, применяемых в различных отраслях техники (машиностроении, металлургии, химии и др.).

В ИСМАН, как ведущей и головной (по стандартизации) организации в области СВС, периодически издаются информационные материалы по СВС-разработкам (*Машиностроитель*. 1995. № 7 - 8. С. 37 - 40).

В данной публикации автор представляет последнюю разработку из этой серии справочник “Научно-технические разработки в области СВС”, изданный на русском и английском языках под общей редак-

цией академика РАН А.Г.Мержанова (*Черноголовка: ИСМАН, 1999. 190 с.*).

Идея создания справочника по научно-техническим разработкам СВС в мировом масштабе была очень заманчивой, так как ничего подобного ранее не выпускалось, в то время как общее число публикаций в области СВС в 1996 году достигало 2500 (*International Journal of SHS. 1996. V. 5. № 4*).

Практический интерес к СВС обусловлен тем, что этот способ синтеза обеспечивает сбережение ресурсов, высокую технологическую производительность, техническую и экономическую эффективность.

Сбор информации для справочника был начат на IV Международном симпозиуме по СВС-процессам, проходившем в Испании в 1997 году. Всем участникам симпозиума было предложено ответить на 10 вопросов по трем разделам разработок в области СВС: материалы, технологии, оборудование.

Собранная информация после редактирования и перевода вошла в справочник в единой стандартизированной форме.

1. Наименование разработки (краткое).
2. Идея (цель и характерные признаки).
3. Основные технические характеристики (состав, свойства, производительность, экономичность, потребляемая мощность, безопасность и т.п.).
4. Назначение (области применения).
5. Состояние практической реализации (объемы производства, использование опытных партий, изготовленных разработчиком и др.).
6. Промышленный прототип.
7. Эффективность (техническая, экономическая) по сравнению с прототипом.
8. Основные авторы разработки.
9. Главные патенты и публикации.
10. Лицо для контакта (фамилия, адрес, телефон, факс, электронная почта).

Тематика справочника по наименованиям и количеству разработок каждого наименования приведена на графике.

Структура справочника по организациям и странам - авторам разработок показана в таблице.

Справочник издан в формате А5, содержит 151 разработку, 700 библиографических ссылок и 47 адресов для контакта со специалистами ИСМАН, других организаций России, ближнего и дальнего зарубежья.

Русский вариант имеет общее оглавление, а английский вариант дополнен авторским указателем и указателем ключевых слов.

**Информация об авторах разработок, представленных в справочнике**

Организации, страны	Число авторов	Количество разработок
ИСМАН	25	66
СНГ, в том числе:	15	46
Россия	10	34
Армения	2	6
Казахстан	1	3
Грузия	1	2
Украина	1	1
Дальнее зарубежье, в том числе :	15	40
Китай	4	15
США	2	5
Япония	2	3
Тайвань	2	2
Греция	1	9
Италия	1	3
Англия	1	1
Израиль	1	1
Индия	1	1



Справочник представляет интерес для потребителей СВС-материалов, технологий и оборудования различных областей техники, для работающих в области СВС специалистов в смежных областях (технического горения, химической технологии, металлургии, материаловедения и др.) и особенно для инвесторов, желающих вложить свой капитал в производство.

Справочник может быть выслан наложенным платежом. Цена договорная.

**По вопросу приобретения обращаться по адресу:  
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН),  
п. Черноголовка, Московская обл.,  
142432, Россия  
Факс: (095) 962-80-25  
Тел.: (095) 962-80-35  
Эл. почта: isman@ism.ac.ru**