

Дамы и господа!

Добро пожаловать на страницы нашего информационного проспекта, посвященного процессам самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) – процессам горения, в ходе которых образуются ценные в практическом отношении вещества, материалы и изделия.



Это направление занимает ведущее место в работах Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской Академии Наук. У нас развиваются почти все разделы этой проблемы: исследования процессов и продуктов СВС (кинетика, термодинамика, экспериментальная диагностика и математическое моделирование химических и физических воздействий на процессы горения и структурообразования, физическое материаловедение продуктов СВС и т.д.)

-разработки базовых СВС-технологий и создание специализированного оборудования;

-создание новых материалов и изделий;

-индустриализация и коммерциализация СВС.

ИСМАН – единственная в мире организация, в которой работа по СВС проводится в таком широком масштабе.

В 1967 году было открыто научное явление

твердого пламени и на его основе предложен метод СВС. И в развитии работ наши сотрудники принимали самое активное участие на всех этапах. А этапы эти таковы: 1967–72 г.г. первичные исследования, изучающие механизмы процессов,

осуществляемые небольшой группой, находящейся в составе отдела Макроскопической кинетики Отделения Института химической физики АН СССР;

1972–1980 г.г. инициативное ветвление исследований. Возникновение творческих групп в Томске, Ереване, Киеве и других городах СССР. Проведение в Отделении ИХФ АН СССР первых технологических работ по получению порошков, компактных материалов и изделий, нанесению покрытий, соединению деталей. Первая промышленная реализация СВС-технологии (Кировокаанский завод высокотемпературных нагревателей).

1980–1992 г.г. государственная поддержка проблемы СВС. Постановления Совета Министров СССР об ускорении внедрения СВС-технологий в народном хозяйстве страны, о создании Межотраслевого научно-технического комплекса "Термосинтез" и Института структурной макрокинетики РАН в качестве его головной организации. Работа научного совета ГКНТ СССР по науке и практике СВС-процессов и так далее. Создание опытно-промышленных участков (цехов) на 15 предприятиях страны. Организация исследований по технической и экономической эффективности.

С 1980 г. начало работ по СВС за рубежом. Интерес ученых США, Японии, Польши, Китая и других стран (по данным ИСМАН-ИНФОРМ, в настоящее время работы по СВС ведутся в 47 странах). Начало публикаций в Международных журналах. Активность ИСМАН в создании международного журнала по СВС и проведении международных симпозиумов.

С 1992 г. распад системы МНТК. Борьба за выживание (которую ИСМАН выдержал, благодаря проблеме СВС). Работа в условиях рыночной экономики. Развитие работ по хозяйственным договорам, контрактам, грантам. Усиление международных связей.

Пройдя сложный путь в завоевании собственной ниши в науке и технике, сотрудники ИСМАН готовы к дальнейшей крупномасштабной работе и открыты для сотрудничества.

Добро пожаловать в ИСМАН, в мир СВС.



Директор Института
Академик А.Г. Мержанов

ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ



ДИПЛОМ НА ОТКРЫТИЕ

№ 287

Открытие № 287 «Явление волновой локализации автотормозящихся твердофазных реакций», т.н. «твердого пламени» Российскими учеными А.Г.Мержановым, И.П.Боровинской и В.М.Шкиро явилось истоком нового научно-технического направления — самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) неорганических соединений, материалов и изделий.

В основу СВС положен принцип максимального использования

- однофазные твердые растворы и гетерогенные многокомпонентные системы.

Области применения СВС-продуктов очень широки. Они используются для производства:

- твердых сплавов и абразивов,
- высокотемпературной конструкционной и жаростойкой керамики,
- материалов для электроники и электротехники и современ-

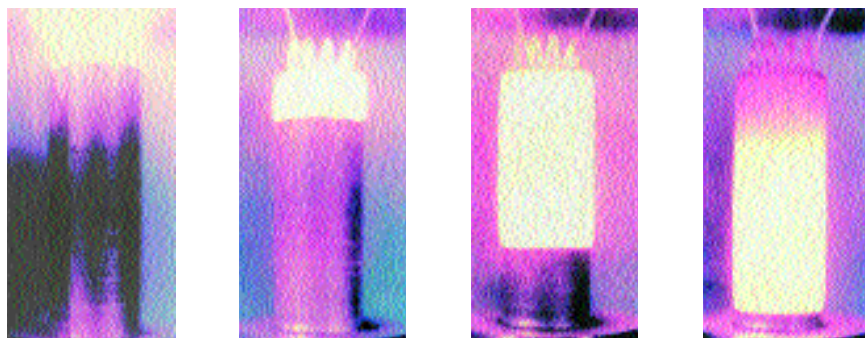


Фото СВС процесса

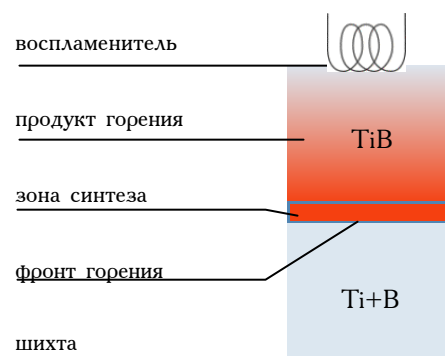


Схема СВС процесса

химической энергии реагирующих веществ для получения неорганических соединений, материалов и изделий различного назначения, а также для оптимальной организации высокоэффективных технологических процессов.

В качестве реагирующих систем используются смеси элементов:

- металлов с неметаллами,
- металлов с металлами,
- неметаллов с неметаллами,
- или их соединений, способных при взаимодействии выделять большое количество тепла. СВС-продуктами являются ценные в практическом отношении неорганические соединения различных классов:
- тугоплавкие соединения — карбиды, бориды, нитриды, силициды, оксиды металлов;
- гидриды металлов;
- халькогениды — сульфиды, селениды, теллуриды;
- интерметаллиды — алюминиды, никелиды, германиды и др.;
- фосфиды металлов и неметаллов;

ных сверхпроводящих материалов,

- коррозионно-стойких защитных и износостойких покрытий,
- катализаторов в химической промышленности,
- материалов с памятью формы для медицины.

Основой фундаментальных исследований в области СВС является СТРУКТУРНАЯ МАКРОКИНЕТИКА, изучающая механизм и кинетику формирования конечной структуры продуктов при химических превращениях, разрабатывающая методы управления составом, строением, структурой и свойствами СВС-продуктов.

Сочетанием замечательных особенностей СВС-процессов с широким комплексом научно-технических исследований, проведенных на базе Института Химической Физики и Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения Академии Наук России в содружестве с материаловедами, металлургами, физиками и химиками других исследовательских организаций и предприятий бывшего СССР, позволили превратить научное открытие в принципиально новые методы и технологии.

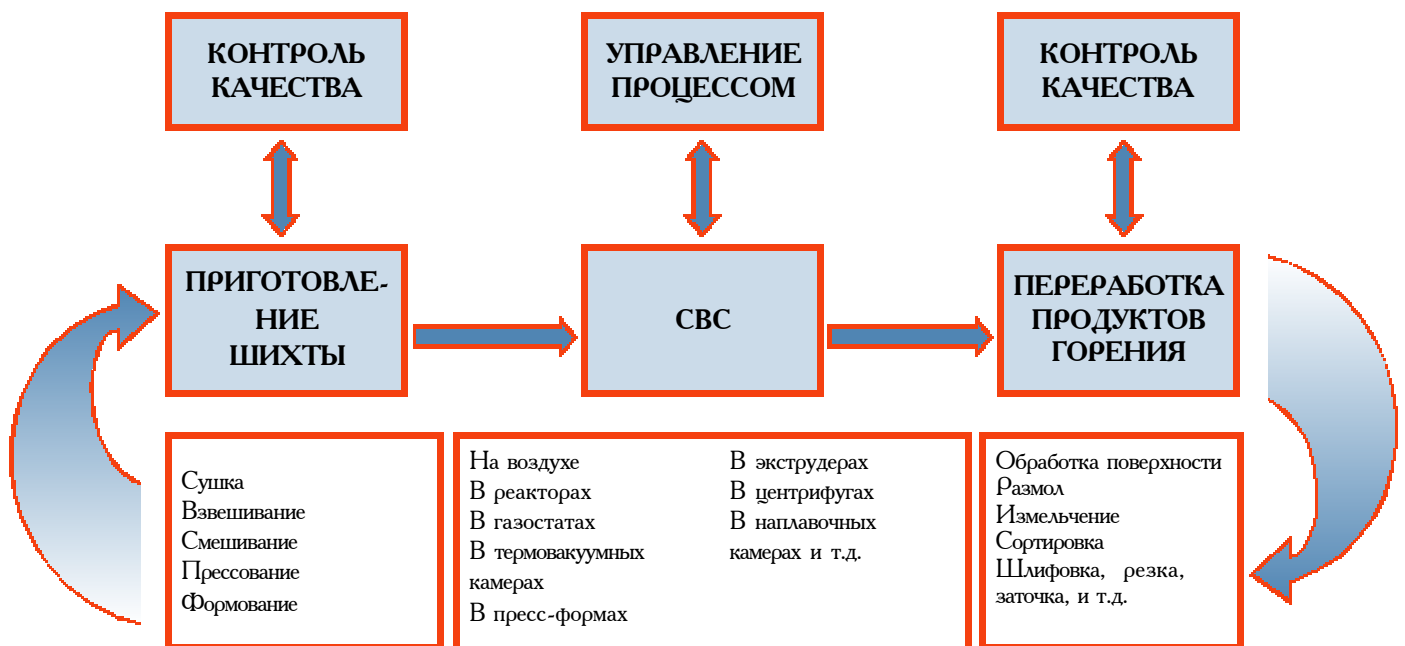
СВС-технологии обладают целым рядом характерных особенностей, отличающих их от традиционных способов по-

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ (СВС)

лучения неорганических материалов и изделий, таких как:

- сильный саморазогрев реакционной массы в результате химических реакций, позволяющий проводить синтез и формирование материалов при температурах 800–4500°С только за счет внутренних ресурсов системы, не прибегая к внешнему нагреву;
- высокие скорости протекания процессов (до 0,15 м/с);
- большая полнота превращения реагентов в конечные продукты и испарение легколетучих примесей, обусловленные высокими температурами взаимодействия реагентов.

СХЕМА СВС–ТЕХНОЛОГИИ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ СВС (ТТ)

В настоящее время разработано и используется в промышленности более 30 технологических разновидностей СВС, объединенных в 6 технологических типов.

- ТТ–1. СВС–технология порошков
- ТТ–2. СВС–спекание
- ТТ–3. Силовое СВС–компактирование
- ТТ–4. СВС–металлургия или СВС–технология

высокотемпературных расплавов

- ТТ–5. СВС–сварка
- ТТ–6. Газотранспортная СВС–технология

Они характеризуются:

- низкими затратами электроэнергии (в большинстве случаев необходимой только для инициирования СВС–процессов);
- простотой технологического оборудования, его высокой производительностью и способностью сохранять экологическую чистоту;
- снижением числа технологических стадий по сравнению с традиционными технологиями;
- возможностью создания гибких производств, легко переходя-

щих от получения одних материалов к другим и поддающихся механизации и автоматизации;

-возможностью замены сырьевых материалов при производстве одних и тех же продуктов на более дешевые;

-высокими техническими и экономическими показателями по целому ряду ценных материалов и изделий для современной техники.

Сейчас с помощью СВС синтезировано свыше 700 различных неорганических соединений и материалов. Опыт применения СВС–технологий показывает, что разнообразие приемов и широкий спектр параметров позволяет получать практически любые, известные в настоящее время ценные тугоплавкие, жаростойкие, твердые, износостойкие порошки, материалы и изделия, а также целый ряд композиций, обладающих новыми эксплуатационными свойствами.

ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СВС – КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Традиционная технология	Альтернативная СВС-технология	
Печной синтез, плазмохимический синтез	Порошковый СВС	(ТТ-1)
Спекание, Горячее прессование, Изостатическое прессование	СВС-спекание	(ТТ-2)
	СВС-компактирование	(ТТ-3)
Литье в формы, центробежное литье	СВС-литье	(ТТ-4)
Плазменное и детонационное напыление	Газотранспортная СВС-технология	(ТТ-6)
	Индукционная СВС-наплавка	(ТТ-4)
Газофазное осаждение CVD-процессы	Газотранспортная СВС-технология	(ТТ-6)
	СВС-наплавка	(ТТ-4)
Электродуговая и индукционная наплавка	Индукционная СВС-наплавка	(ТТ-4)
	СВС-сварка	(ТТ-5)



САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ (СВС)

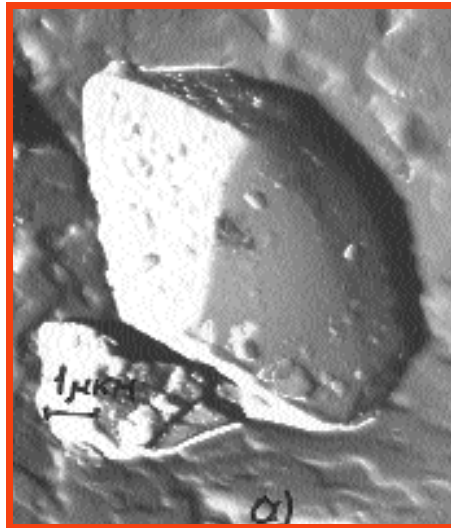
ТТ-1 СВС-порошки

Технология основана на сжигании исходных смесей реагентов (шихт) в специальных реакторах емкостью от 1 до нескольких десятков литров в среде инертного или реагирующего газа, а также в вакууме или на воздухе. Продукты горения могут быть получены в виде порошка, спекания слитка с последующей механической или химико-термической переработкой, рассевом и т.д.

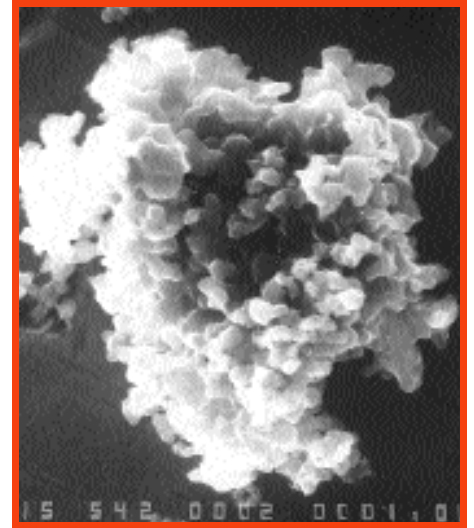
Общая технологическая схема получения порошков включает в себя следующие операции:

- подготовка шихты — рассев, измельчение, сушка компонентов, смешение;
- заполнение реактора шихтой и газами;
- синтез после кратковременного теплового инициирования;
- последующая переработка продуктов синтеза — измельчение, кислотное обогащение, рассев, сушка.

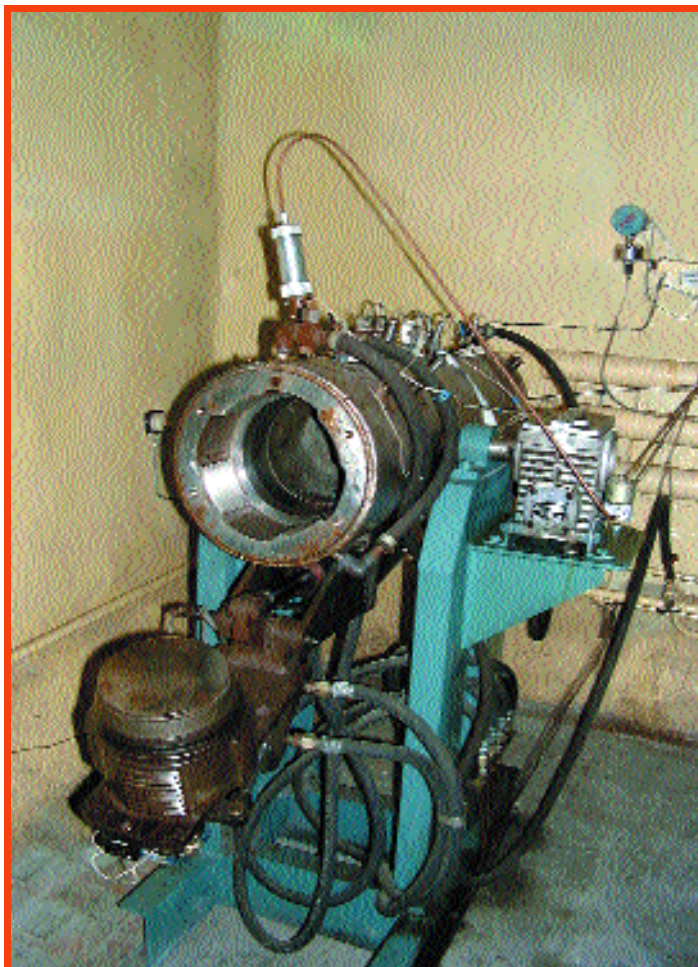
СВС-порошки, благодаря всевозможным условиям получе-



Монокристалл карбида титана (TiC)



Агломератный СВС-порошок



Универсальный СВС-реактор

ния, отличаются от своих печных аналогов, как по структуре, так и по чистоте. Наиболее распространены три типа СВС-порошков: монокристалльные, агломератные и композитные.

Монокристалльные порошки состоят из отдельных совершенных монокристаллов.

Размер частиц монокристалльных СВС-порошков находится в пределах 0,5–3,0 мкм, и они являются хорошим сырьем для спекания.

Агломератные СВС-порошки, не имеющие аналогов в порошковой металлургии, представляют собой частицы, состоящие из отдельных прочно сцепленных кристаллов, и могут содержать поры. Размер частиц в агломератных СВС-порошках варьируется в пределах 10–200 мкм. Примером может служить порошок СВС-карбида титана, на основе которого были изготовлены высокоэффективные абразивные пасты. Благодаря процессам саморазрушения агломератных зерен при шлифовке деталей, одной технологической операцией удается осуществить два разных этапа обработки — шлифовку и полирование. Использование таких паст при обработке деталей из черных и цветных металлов повышает чистоту обработки на 1–2 класса, увеличивает производительность труда в 1,5–2 раза и срок службы обработанных деталей по сравнению с теми, которые шлифуются обычными пастами.

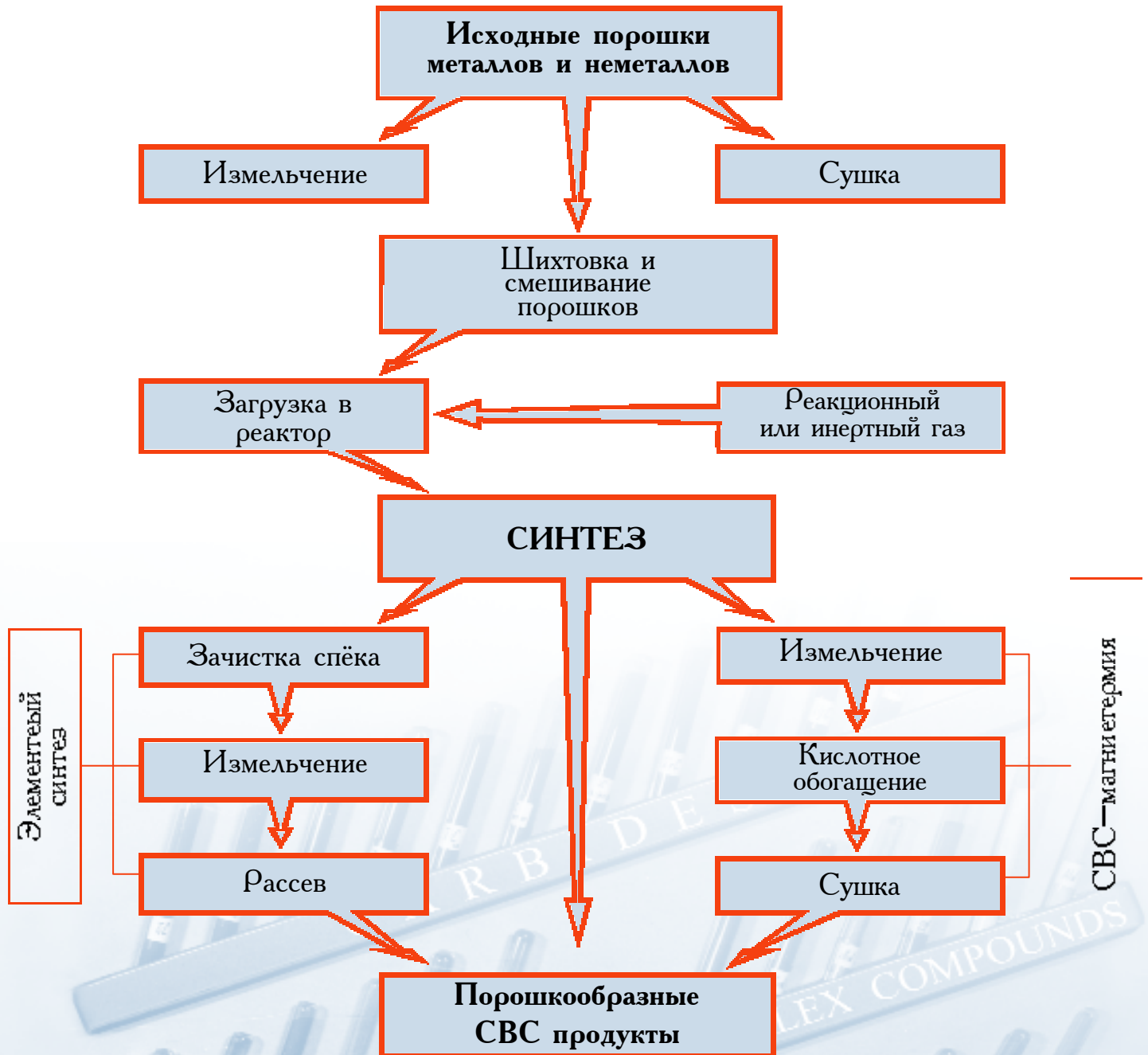
Агломератные беспористые СВС-порошки могут обладать высокой прочностью и использоваться в шлифовальных кругах для грубой обработки поверхности.

Частицы композитных СВС-порошков состоят из фаз различных соединений. Широко используются минерало-керамические порошки, содержащие бескислородные тугоплавкие соединения (карбиды, бориды) и оксиды алюминия или магния. Характерной особенностью этих порошков является хорошая спекаемость.

Композитные СВС-порошки обладают более высокими эксплуатационными характеристиками, чем порошки из механических смесей того же состава. Большой интерес пред-

ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СХЕМА СВС-ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ



САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ (СВС)

ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ СВС-ПОРОШКОВ

Материал	Плотность г/см ³	Прочность на изгиб, МПа	Модуль Юнга, кН/мм ²	Твердость по Роквеллу, HRA	Износ, г/см ²
TiB ₂ · Al ₂ O ₃	4.07	1074	780	95.5	0.01316
B ₄ C · Al ₂ O ₃	3.42	490	413	95.7	0.00815
B ₁₃ C ₂ · Al ₂ O ₃	3.42	718	628	95.5	0.00560

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ПОРОШКОВ НИТРИДА БОРА

Содержание, % масс. BN	СВС-продукт, магнетермический		Печной продукт	
	Высокой чистоты	Технической чистоты	ORPAC, GRADE 99	Denka, JAPAN
Азот, N	>55.7	54.9	54 – 55	54.5
Основное вещество, B+N	99.5	97.3	98 – 99	98
Кислород, O	<0.3	1.5	1.5	1.5
Углерод, C	<0.01	0.3	—	—
Металлические примеси (Mg, Fe)	<0.2	0.3	—	—
Удельная поверхность, Суд. м ² /г	11.0	8–14	10.0	—

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ПОРОШКОВ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Содержание, % масс. AlN	СВС-продукт (элементный)		Печной продукт	
	Высокой чистоты	Технической чистоты	ART USA A-100	STARCK Germany (Grade B)
Азот, N	33.9	32.7	33.0	33.3
Основное Вещество, Al+N	99.7	98.8	99.0	98.1
Кислород, O	0.3	0.6	1.0	2.3
Железо, Fe	0.07	0.12	0.005	100 ppm
Удельная поверхность, Суд. м ² /г	2.0 – 20	1.5	2.5–4.0	1.0–8.0

ставляют керметные СВС-порошки.

Порошки состава (TiC-Cr₃C₂) + Ni с высокой эффективностью используются для газотермического нанесения защитных покрытий на детали, работающие при высоких температурах (до 900°C).

Эти порошки успешно конкурируют с плакированными порошками такого же состава.

Важной особенностью СВС-порошков является их чистота, которая обеспечивается высокой полнотой превращения в оптимальных условиях синтеза, эффектом самоочистки от примесей и отсутствием загрязнения продуктов горения контейнерными материалами. Содержание основно-

го вещества в СВС-порошках обычно составляет от 99,0 до 99,5 вес.%, что значительно выше, чем у их аналогов.

ТТ-2 СВС-спекание

СВС-спекание проводится в термовакуумных камерах, на открытом воздухе и в специальных СВС-газостатах. Исходная смесь для синтеза формируется в виде изделия заданной формы. Горение организуется таким образом, чтобы в ходе процесса форма и размеры заготовки не искажались. Продукт горения представляет собой готовое изделие с пористостью 5–50 %.

СВС-газостатирование эффективно применяется для синтеза

- функциональная керамика на основе неметаллических нитридов кремния, алюминия;

- триботехническая керамика с высокими эксплуатационными свойствами на основе нитридов и карбидов кремния, нитрида бора;

- новые оригинальные многокомпонентные композиции из неметаллических нитридов, карбидов кремния, алюминия, бора с тугоплавкими металлоподобными соединениями.

Синтез с помощью СВС-газостатирования придает уникальные свойства материалам и изделиям:

- аномально высокую коррозионную устойчивость пористых изделий из СВС-керамики в расплавах металлов;

- повышенную стойкость многих изделий к термоударам;

- высокую твердость.

Наиболее важную роль в использовании для современной техники начинают играть такие изделия из неметаллической СВС-керамики, как:

- тигли, лодочки для испарения, трубы для плавки и транспортировки цветных и черных металлов;

- детали керамических двигателей;

- фильтры, сотовые структуры, носители катализаторов;

- жаростойкие, огнеупорные плиты, кирпичи, дежлы и устройства для их крепления;

- подложки для микросхем.



СВС-газостат

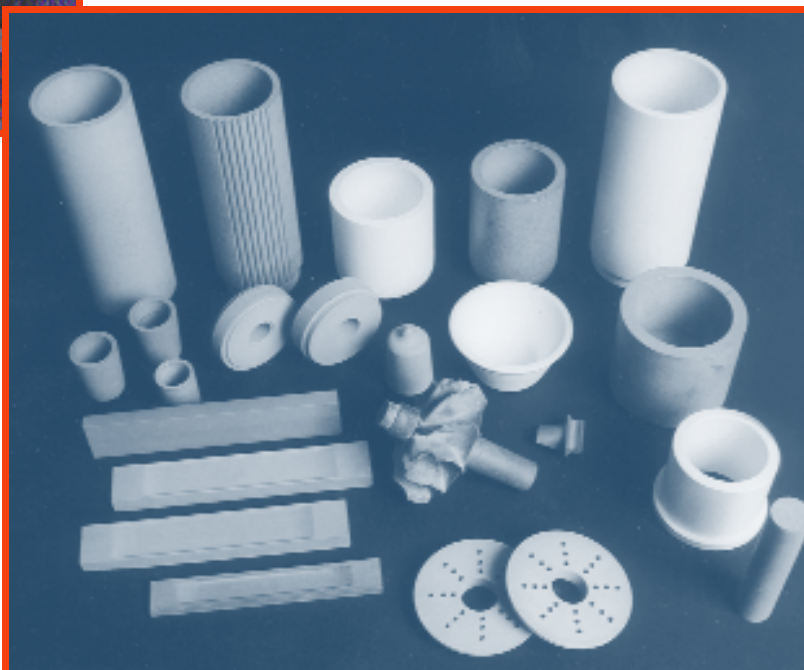
нитридной керамики. Эта технология совмещает процесс синтеза с высокими (до 500 МПа) газовыми давлениями. Чаще всего в качестве газообразного реагента и среды газостатирования используется азот. СВС-газостатирование в одну стадию синтезирует простое целевое соединение или сложную композицию и формирует геометрию и структуру материала или изделия.

Объектами синтеза являются материалы и изделия с пористостью от 1 до 80%, в том числе:

- конструкционная неметаллическая нитридная, нитридно-карбидная, нитридно-боридная керамика без добавок, активирующих спекание;

- жаростойкая, коррозионноустойчивая керамика на основе силанов, нитрида алюминия и его композиций с боридными переходными металлами;

- керамика из нитрида бора и его смесей с оксидами;



СВС-керамика многофункционального назначения

ТТ-3 Силовое СВС-компактирование

Это тип технологии, в котором процесс синтеза совмещен с обработкой неостывшего продукта давлением (прессование, экструзия, прокатка, обработка взрывом). Он обладает большими возможностями для заполнения рынка изделий из новых безвольфрамовых твердых сплавов:

- режущих пластин,
- штампов,
- фильер,
- крупногабаритных валков,
- волок для прокатки металлов,
- износостойких деталей машин,
- длинномерных электродов для наплавки и электроискрового легирования,
- мишеней для магнетронного и катодного распыления и т.д.

Основу безвольфрамовых твердых сплавов с общим названием СТИМ – синтетический твердый инструментальный материал составляют карбиды, бориды, нитриды, карбонитриды и другие соединения тугоплавких металлов (Ti, Zr, Nb, Ta и другие).

Твердые сплавы СТИМ разнообразны и представляют собой как высокотвердые (твердость колеблется в диапазоне 90–110 HRA), так и высокопрочные материалы (прочность на изгиб достигает 800–1300 МПа). Некоторые из них обладают уникальными свойствами. Например, СТИМ-5 имеет высокую режущую способность. Отличными режущими свойствами обладает и СТИМ-1Б/3, работающий на уровне лучших керамических неперегретаемых пластин на высоких скоростях резания. Твердый сплав СТИМ-4

имеет высокую коррозионную и термоциклическую стойкость и обладает хорошими технологическими свойствами. На его основе методом СВС получены крупные твердосплавные изделия – валки для прокатки цветных металлов.

Крупногабаритные твердосплавные СВС-изделия практически не имеют аналогов в порошковой металлургии. Экономический анализ ситуации по производству крупногабаритных твердосплавных изделий свидетельствует о несомненном преимуществе в этом случае СВС-технологии.

Одно из направлений в СВС-технологии силового компактирования (ТТ-3) – получение функционально-градиентных материалов (ФГМ), т.е. материалов переменным по объему составом. На сегодняшний день уже получены твердосплавные градиентные пластины двух типов: с симметричным и асимметричным распределением связующего (СИГМА-1 и СИГМА-2).

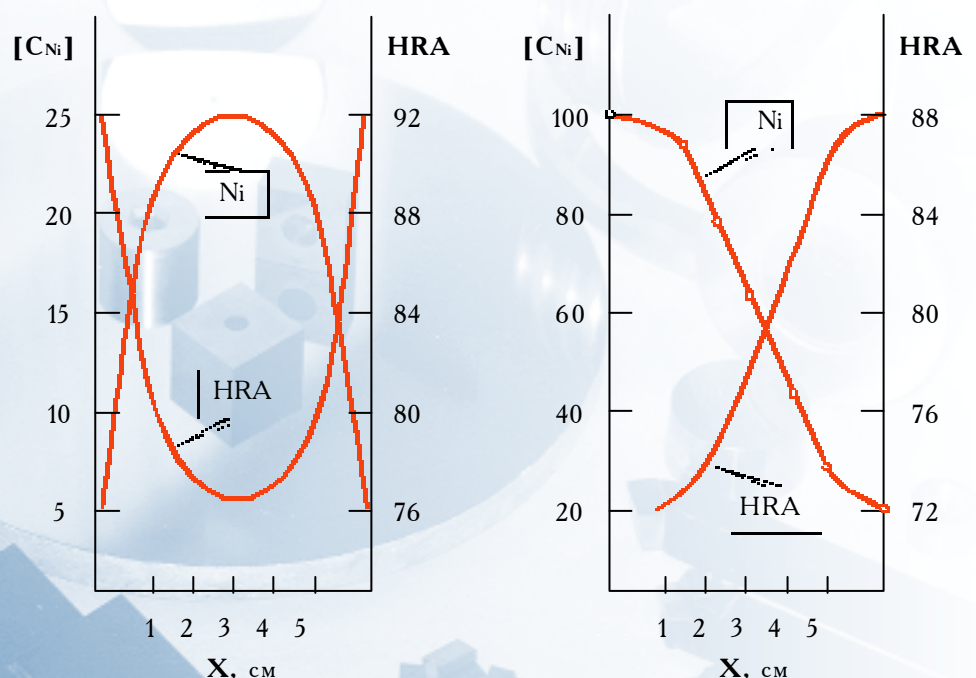
Механические характеристики, приведенные в таблице, показывают их явное преимущество как перед гомогенными материалами такого же состава,

так и перед некоторыми марками российских твердых сплавов. Градиентные твердосплавные СВС-продукты могут применяться в качестве ударостойких и износостойких материалов. Кроме твердосплавных материалов и изделий ТТ-3 успешно используется для производства в одну стадию мишеней (напыление покрытий), для создания и использования жаростойких конструкционных материалов на основе TaC, HfC, высокотемпературных нагревателей из MoSi₂ и т.д.



Пресс для получения крупногабаритных изделий методом СВС-компактирования

СОДЕРЖАНИЕ (Ni) И ПРОЧНОСТЬ ГРАДИЕНТНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ



ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ



Мишени для магнетронного напыления



Макрокомпозит на основе СТИМ

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТИМ-МАТЕРИАЛОВ

Марка сплава	Основной состав	Плотность, г/см ³ ,	Средний размер зерна мкм	Твердость, HRA,	Предел прочности на изгиб, МПа	Области применения
СТИМ-1Б/3	(TiC-TiB ₂) +Cu	4.94	5-7	93.5	700-800	Режущие пластины
СТИМ-2	TiC+Ni	5.50	5-7	90	1000-1100	Бронепластины
СТИМ-2А	TiC + (Ni-Mo)	6.40	1-2	87	1600-1800	Штамповый инструмент
СТИМ-3Б	(TiC-Cr ₃ C ₂)+Ni	5.37	3-4	92.5	800-1000	Режущие пластины
СТИМ-3В	(TiC-Cr ₃ C ₂) + сталь	5.40	2-4	92.5	700-800	Окалиностойкие изделия
СТИМ-4	TiB+Ti	4.20	1-2	86	1200	Изделия, стойкие к тепловому удару
СТИМ-5	(TiC-TiN) +(Ni-Mo)	5.80	1-2	91.5	1200-1400	Режущие пластины

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

СВС-сплавы	Марка сплава	Ударная вязкость, кг м/см ²	Твердость HV, кг/мм ²
		СИГМА-2	1.3
	Однородный аналог СИГМА-2	0.09	1350
Коммерческие твердые сплавы России	ВК-20	0.48	930
	ВК- 8	0.35	1210
	T15K6	0.08	1570
	T30K4	0.07	2350

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ (СВС)

ТТ-4 СВС – металлургия

Этот тип СВС основан на горении высококалорийных смесей окислов металлов с восстановителем (Al, Mg, Ti и др.) и неметаллами (C, B, Si, B₂O₃, SiO₂ и т.д.). Температура горения таких смесей превышает температуру плавления исходных, конечных и промежуточных компонентов и достигает 3000–4500°С.



Общий вид радиальной центробежной СВС-установки

Это единственная реальная возможность получать расплавы самых высокотемпературных композиций для того, чтобы сформировать изделия заданной формы без затрат электроэнергии, только за счет внутреннего тепла реагирующих сред. Оборудование для

- СВС—центрифуги различной конструкции;
- поточные автоматизированные линии для нанесения износостойких покрытий. Жидкофазное состояние продуктов синтеза после горения позволяет решать три класса практических задач: получать слитки тугоплавких неорганических материалов; формировать изделия с различной структурой и формой; наносить защитные покрытия на поверхность изделий.
- Литые карбиды, бориды, силициды, интерметаллиды, твердые сплавы, металлокерамика, градиентные пластины, трубопроводы и другие изделия успешно применяются в качестве:
 - износостойких покрытий на детали сельскохозяйственных, землеройных и буровых машин,
 - деталей металлургического оборудования для разлива сталей и сплавов,
 - трубопроводов для агрессивных сред,
 - абразивного инструмента и т.д.

СВС—литья представляет собой:

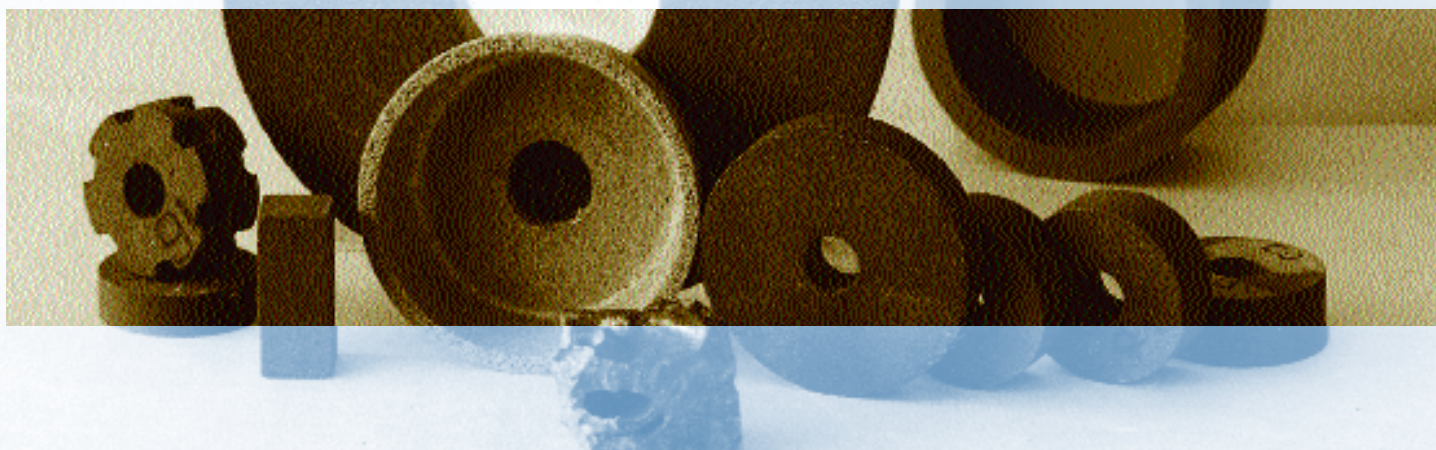
- оригинальные СВС— реакторы;
- наплавочные камеры;

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЛИТЫХ СВС—ПОРОШКОВ

Материал покрытия	Прочность сцепления П ¹⁰⁻⁷ , Н/м ²	Пористость, %	Микротвердость Н ¹⁰⁻⁷ , Н/м ²	Толщина покрытия, мкм
Cr ₃ C ₂ -Ni	1.5	8-10	1500	350
Cr ₃ C ₂ -Ni-Al	5.6	5-10	2500	-

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ С СВС—НАПЛАВКАМИ

Наименование изделия	Состав литого СВС—покрытия	Промышленный аналог	Повышение ресурса, в %
Лопатка смесителя	Ti-Cr-Ni-Mo	Сталь Г35Л	2000
Долото	Ti-Cr-C-Fe	Сормайт	200-500
Лемех предплужника	Ti-Cr-C-Fe	Сормайт	270
Полевая доска	Ti-Cr-C-Fe	Сормайт	240-280
Запорный клапан криогенной установки	Ti-Cr-C-Ni	Сталь 40Х	300

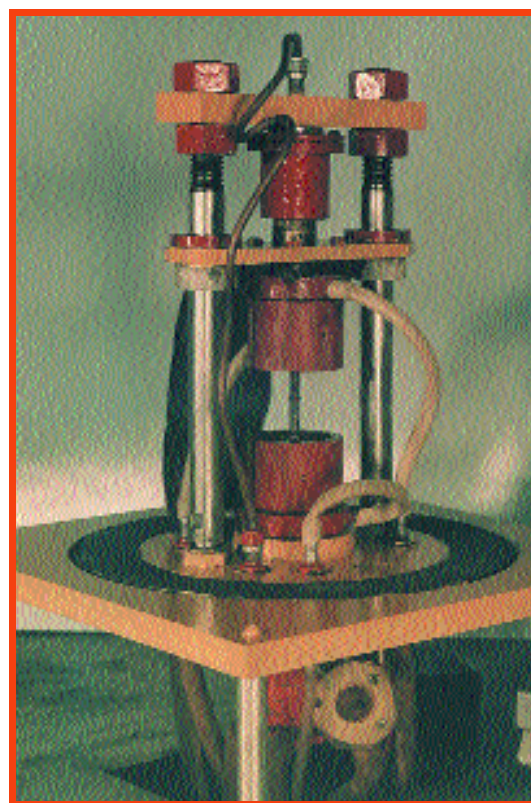
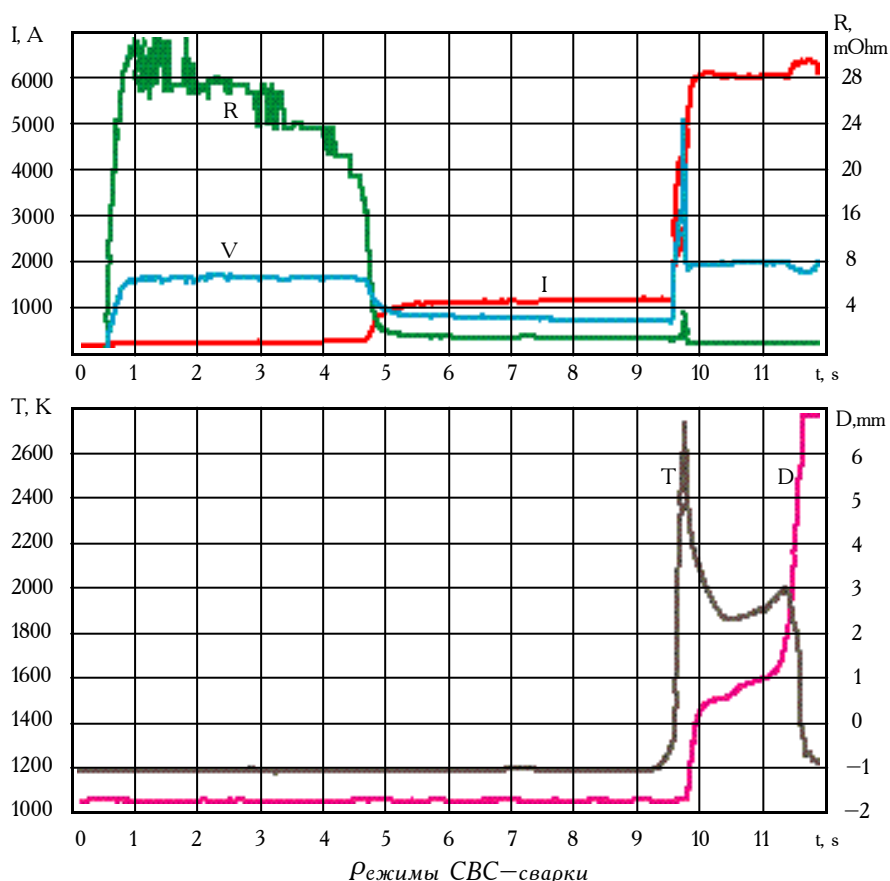


ТТ-5 СВС-сварка

Процесс осуществляется в зазоре между изделиями, причем продукты горения являются сварочным материалом, а сам процесс горения — источником высоких температур. СВС-сварка позволяет получать неразъемные соединения высокотемпературных материалов и деталей.

СВС-сварка необходима для создания конструкций, в которых требуется сочетание противоречивых свойств: жаростой-

кость — прочность, износостойкость — прочность и т.п. Область применения: инструмент из твердых сплавов, быстрорежущей и конструкционной стали, составные катоды мощных ламп (вольфрам-молибден), изделия ракетной и космической техники.



Установка СВС-сварки

ПРОЧНОСТЬ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Свариваемые материалы	Т испытаний, °С	σ_B на разрыв, кгс/мм ²
Мо-сталь Эи-961	20	28-32
Мо-сталь Эи-961	500	22-25
Мо-сталь Эи-961	800	14-18
W-Мо	20	20-25
Сталь 12Х18Н10Т-Zr	20	11-14
Сталь 12Х18Н10Т-Nb	20	15-20
Сталь 45- Сталь Р6М5	20	60-70
Графит-Мо	1500	60-70
Графит- Графит	1500	60-70
Графит-W	1500	60-70
Графит-Сталь12Х18Н10Т	20	90

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ (СВС)

ТТ-6 Газотранспортная СВС-технология

Большое внимание современная техника уделяет тонким (мкм, мм) износостойким и коррозионностойким покрытиям. СВС-технология позволяет решать эти проблемы с помощью горения специально подобранных порошковых смесей, осуществляя перенос целевого продукта (нитрида, борида, силицида и др.) через газовую фазу к поверхности детали, таким образом нанося тонкие покрытия (5–150 микрон). Процесс может осуществляться на открытом воздухе. Форма покрываемых изделий значения не имеет: это

могут быть режущие пластины из твердых сплавов, графитовые изделия, стальные кондукторные втулки и т.д. Наиболее перспективными являются покрытия из борида хрома. Они в 4–6 раз увеличивают износостойкость стальных подложек. Толщина этих покрытий 30–60 мкм. Микротвердость 21000–25000 МПа.

СВС-ПОКРЫТИЯ

Изделие, на которое наносится покрытие	Материал изделия	Цель нанесения покрытия	Состав покрытия	Толщина покрытия, мкм	Степень роста эксплуат. свойств
Втулки кондукторные	Сталь 45	Повышение износостойкости	Fe-Cr-B	60	6-8
Прессформа	Сталь ХВГ	«-»	Fe-Cr-B-Al	40	3-4
Твердый сплав	ВК-6, ВК-8	«-»	TiC, TiCN, TiN	12	3-3.5
Матрица горячего прессования	Графит	«-»	Cr-Ni-Al-Y	70	2-3

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СВС-РАЗРАБОТКИ

В последнее время появились работы на стыке СВС с такими областями науки и техники, как верхпластичность, механохимия, материаловедение наноразмерных структур, микрогравитация, органический синтез, полимерная химия.

Уже известно около десятка реакций органического синтеза, проводимых в порошковых средах в режиме СВС. Для органического СВС характерны низкие значения температур и скоростей горения. Это упрощает требования к экспериментальной технике исследования. СВС в условиях микрогравитации связано с проведением СВС в космосе.

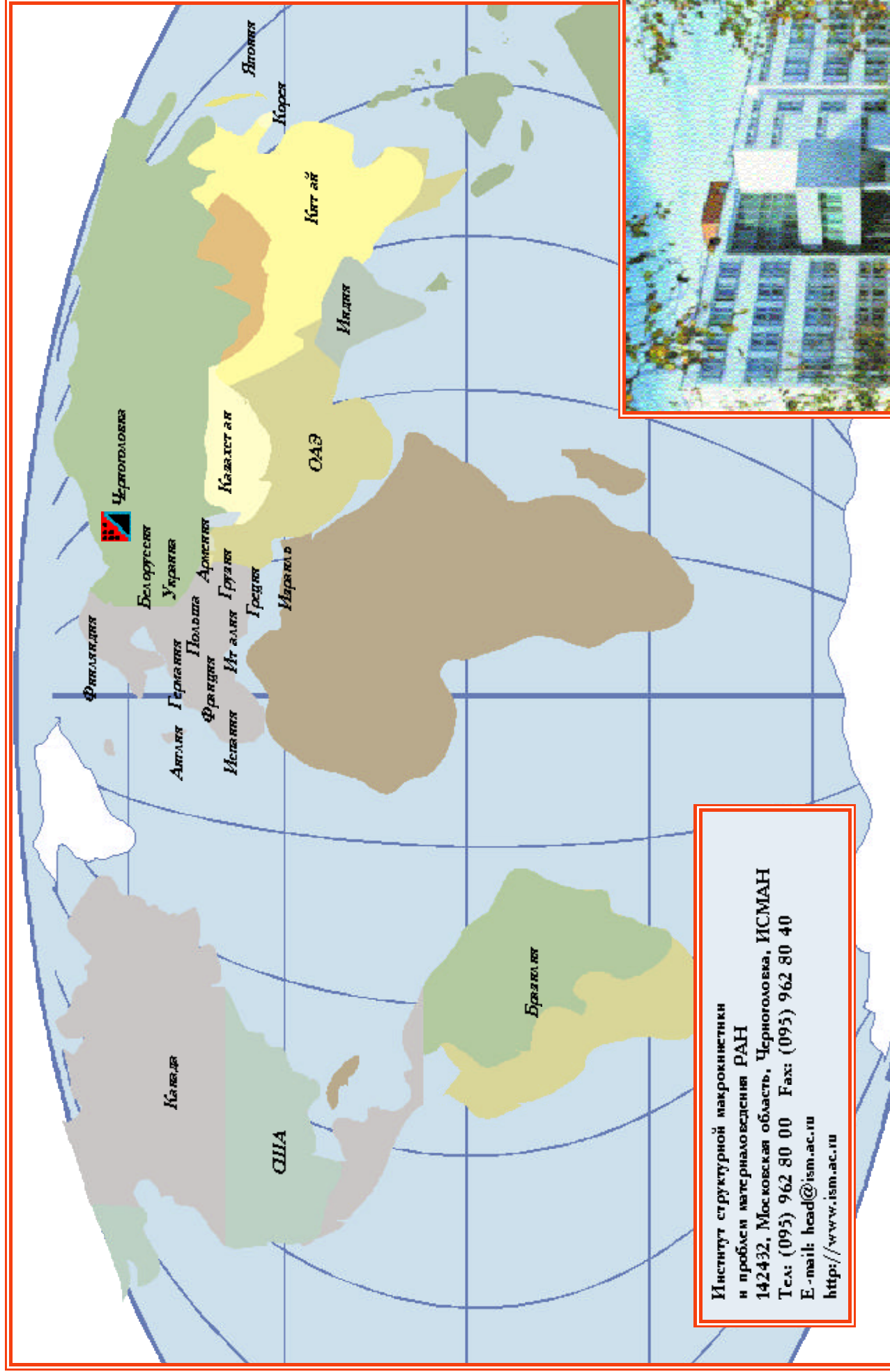
Первые эксперименты посвящены образованию пористых структур в условиях микрогравитации, т.н. пеноматериалов —

высокопористых веществ с закрытой пористостью.

Эксперименты в отсутствие гравитации показали, что пористая структура формируется при горении выделяющимися газами и сохраняется при остывании. «Внеземные» продукты имеют пористость до 96 %, т.е. получение продуктов в условиях невесомости позволяет увеличить их объем в 2 раза, по сравнению с образцами, синтезированными на Земле.



География СВС



Институт структурной макроэкономики
и проблем математического моделирования РАН
142432, Московская область, Черноголовка, ИСМАН
Тел: (095) 962 80 00 Fax: (095) 962 80 40
E-mail: head@ism.ac.ru
<http://www.ism.ac.ru>