Национальный исследовательский
Томский государственный университет

ТОМСКИЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Центр развития науки, технологий и образования в области обороны и обеспечения безопасности государства

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Центр развития науки, технологий и образования в области обороны и обеспечения безопасности государства при Национальном исследовательском Томском государственном университете

Научно-технический совет Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации

Директор Центра развития науки, технологий и образования в области обороны и обеспечения безопасности государства
Ворожцов Александр Борисович

СТРУКТУРА ЦЕНТРА

- Отдел подготовки перспективных научных кадров
- Отдел высокоэнергетических систем и материалов (Отдел «ВЭСМ»)
- Отдел исследований по безопасности и противодействию терроризму (Отдел «Антитеррор»)

Консорциумы с участием генеральных конструкторов

Предприятия ОПК

Консорциум по исследованиям высокоэнергетических систем и материалов под руководством Генерального конструктора академика РАН Ю.С. Соломонова

- АО «Московский институт теплотехники»
- АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА

ЗАДАЧИ ЦЕНТРА

- Разработка новых высокоэнергетических материалов
- Моделирование рабочих процессов в твердотопливных двигателях специального назначения, в том числе малогабаритных двигателях с релейным управлением вектора тяги
- Математическое и физическое моделирование процессов в ГПВРД, включая процессы горения перспективных высокоэнергетических материалов, дожигание в процессе взаимодействия со сверхзвуковым воздушным потоком, в том числе при многофазном течении
- Верификация процессов, протекающих в модельных двигательных установках, с целью переноса результатов исследований на натурные двигательные установки для сокращения общего количества огневых испытаний
- Разработка проекта малогабаритного стенда и модельного двигателя, их конструирование на базе ОАО ФНПЦ «Алтай», для практической реализации технологий моделирования на всех стадиях полного жизненного цикла РДТТ и ГПВРД
- Создание технологий и комплексной системы обучения, подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов (включая подготовку военных специалистов) для обслуживания высокотехнологичных систем и развития наукоемкого ракетостроения

Отдел поисковых научных исследований и разработки производственных технологий

Отдел сопровождающих социогуманитарных исследований (отдел «Психология и политология»)

- Федеральный центр двойных технологий «Союз»
- Национальный исследовательский Томский государственный университет
- Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН

Оксидные керамические материалы

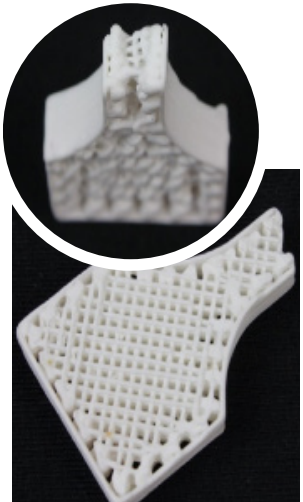
Схема получения изделий

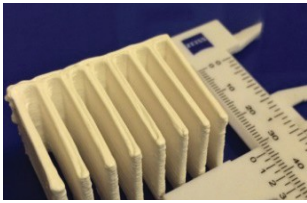
Применение

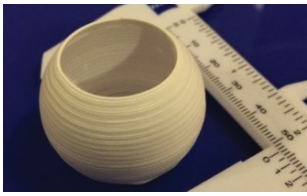
- Твердооксидные топливные элементы
- Корпуса электронных схем
- Носители катализаторов
- Элементы высокотемпературной техники
- Техническая керамика
- Декоративное приложение
- Медицина

3D-печать керамики

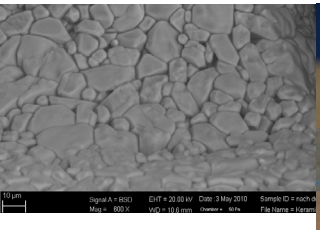
«Аддитивная керамика»/ CIM-технологии



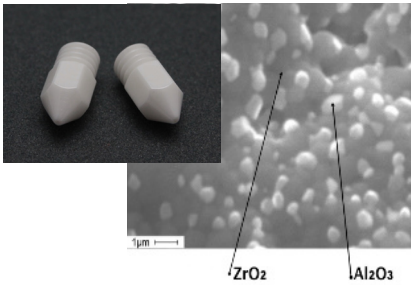




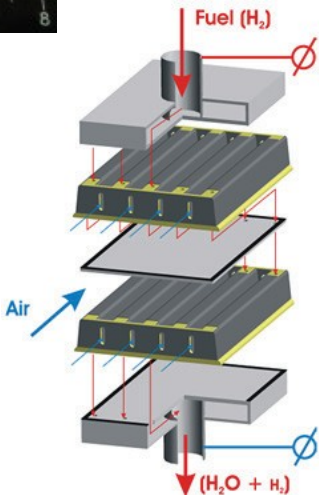
Керамика на основе Al_2O_3



Керамика на основе $ZrO_2(Y_2O_3)$-Al_2O_3



Керамика на основе $ZrO_2(Y_2O_3)$



Металлокерамические композиционные материалы для аддитивных технологий

Усовершенствованная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) интерметаллидов и металлокерамических материалов

- Жаропрочные сплавы, армированные керамическими включениями
- Интерметаллидные сплавы на основе Ni, Ti, Cr
- Сплавы с высоким содержанием азота
- Лигатуры для сплавов типа Inconel

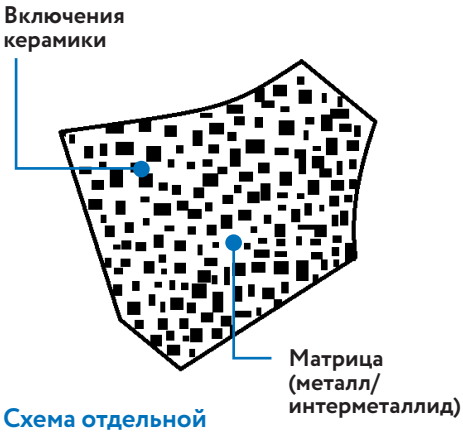
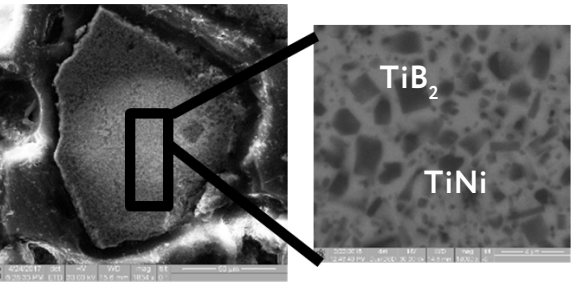


Схема отдельной частицы порошка

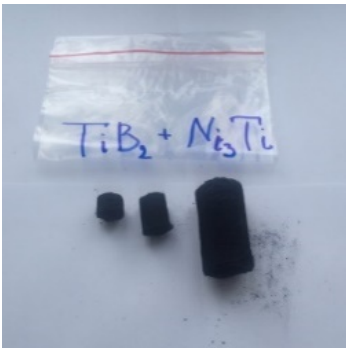
Общий вид порошков

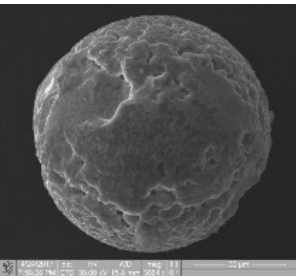


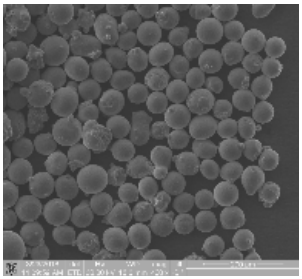
Разрабатываемые композиции

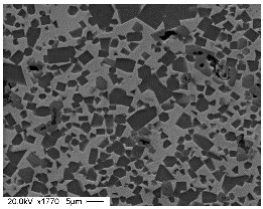
- $NiTi-TiB_2$,
- $Al_3Ti-TiB_2$
- $Ti_3Al-TiB_2$,
- Fe-TiC,
- NiCr-TiN,
- $Ni-TiB_2$,
- $Fe-TiB_2$,
- $Al-TiB_2$ и др.

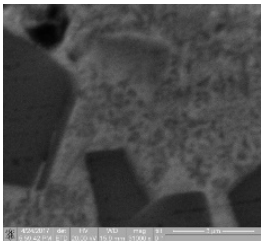
	Предел прочности, МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$	Деформация до разрушения, %	Микротвердость, HV
Inconel 625	630	140	33	1,8
Композит (95%Inconel 625 + 5% $NiTi-TiB_2$)	945	145	15,2	3-3,5

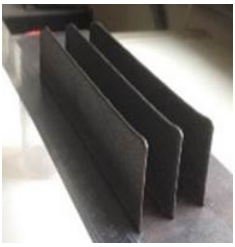

$TiB_2 + Ni_3Ti$






20.0kV x1770 5μm





Разработки и исследования в области сверхтвердых керамик на основе $AlMgB_{14}$

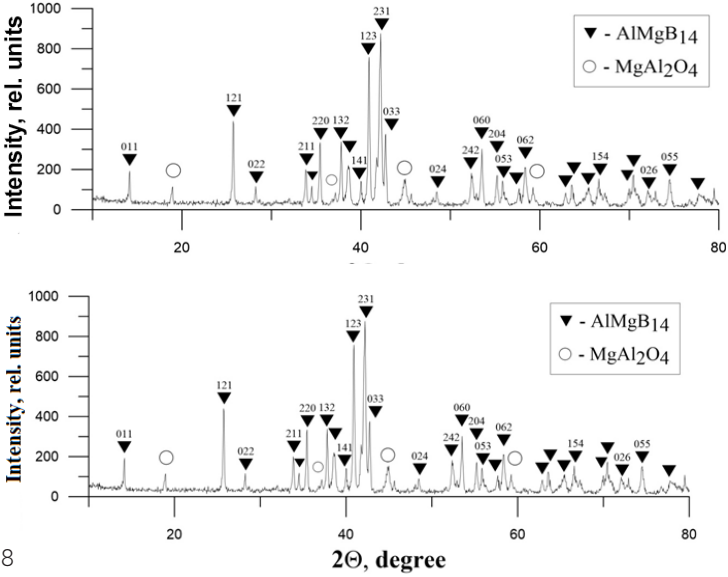
$AlMgB_{14}$ (алюминиево-магниевый борид — БАМ)

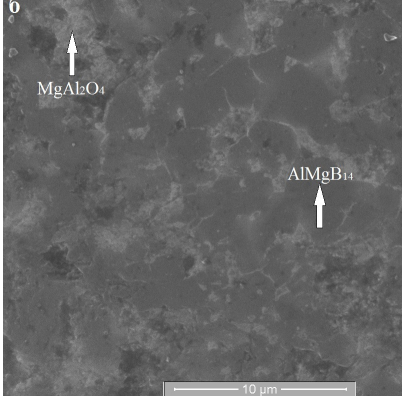
- Твердость — 27–32 ГПа (65% твердости алмаза), в композиции $AlMgB_{14}$ – TiB_2 – до 45 ГПа;
- Аномально низкий коэффициент трения — до 0,02 (коэффициент трения тефлона ~0,04).

XRD результаты

Обнаруженные фазы	Фазовый состав, масс. %
$MgAl_2O_4$	3
$MgAlB_{14}$	96
Al	< 1

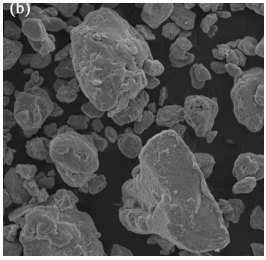
Разработаны оригинальные научно-технологические подходы к получению поликристаллических материалов на основе алюминиево-магниевого борида с высоким содержанием целевой фазы ~98 масс. % $AlMgB_{14}$



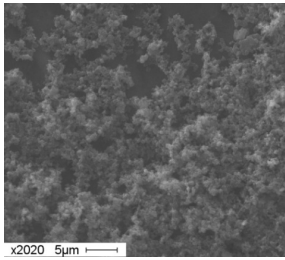


РЭМ-изображение структуры образца $AlMgB_{14}$

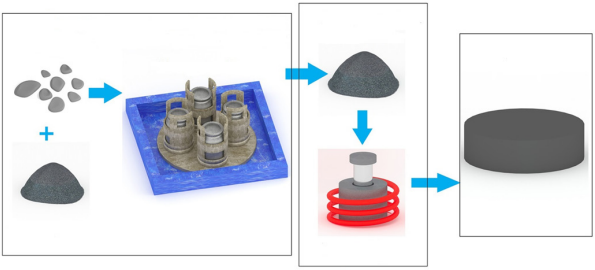
Al_xMg_y порошок



Порошок бора



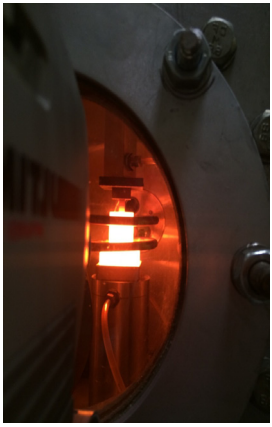
Подготовка порошковой смеси Al-Mg-B



Метод получения $AlMgB_{14}$

Технологические подходы к изготовлению керамик $AlMgB_{14}$ базируются на методах **порошковой металлургии**

- проведены исследования твердости, структуры, механических свойств, трибологические испытания получаемых материалов
- показана принципиальная возможность получения материалов с твердостью ~ 32 ГПа, коэффициентом трения менее 0,07 при плотности ~2,4 г/см^3



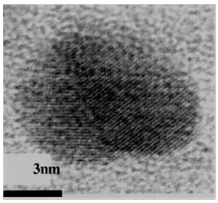
Процесс получения материалов $AlMgB_{14}$

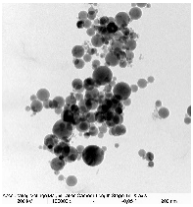
Результаты проведенных фундаментальных работ могут быть адаптированы под запросы промышленности

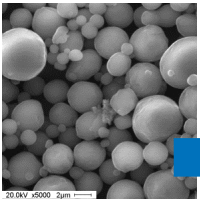
Новые литейные технологии для алюминиевых и магниевых сплавов

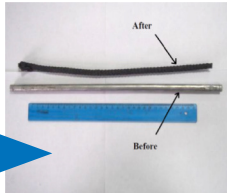
Использование тугоплавких наноразмерных частиц для дисперсного упрочнения и модифицирования сплавов на основе алюминия и магния

Лигатура

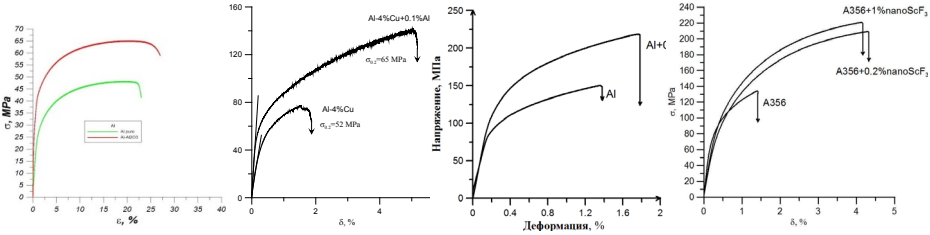




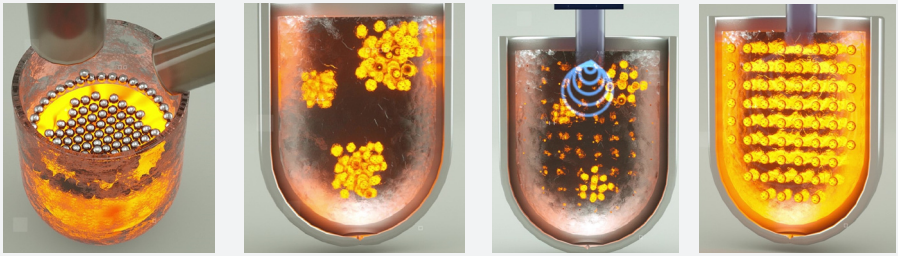




- Методы ультразвуковой обработки расплава
- Методы вибрационной обработки расплава
- Методы механического замешивания

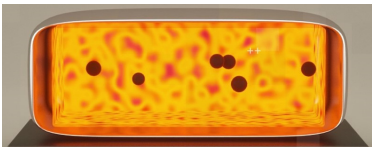


Серия диаграмм («напряжение-деформация») сплавов алюминия без частиц и упрочненных наночастицами

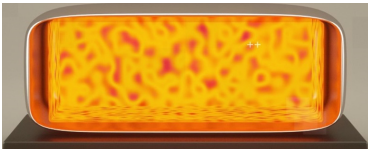


Процесс распределения наночастиц в расплаве под действием ультразвука

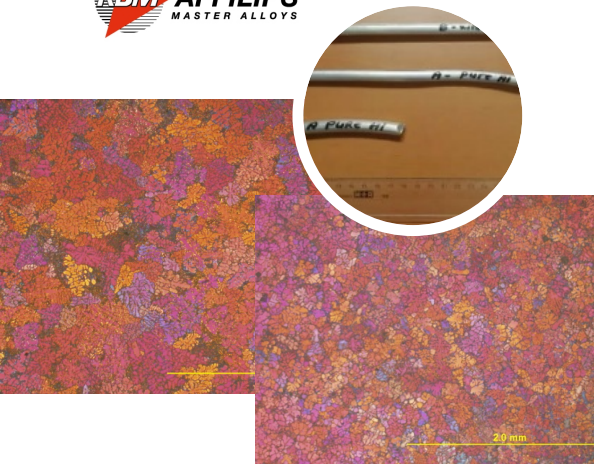
Процесс дегазации под действием вибрации



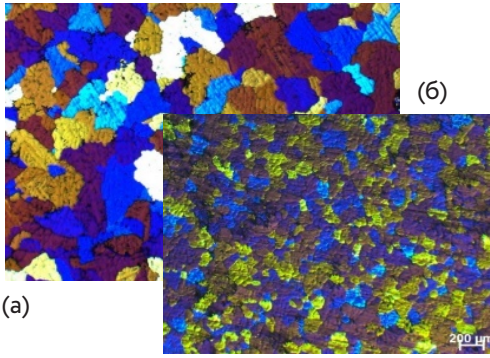
до



после



Структура алюминиевого сплава без частиц и 0,1 масс. % наночастиц



Структура сплава (а) АМг5, (б) АМг5+0,1 масс. % TiB_2

Новые литейные технологии для алюминиевых и магниевых сплавов

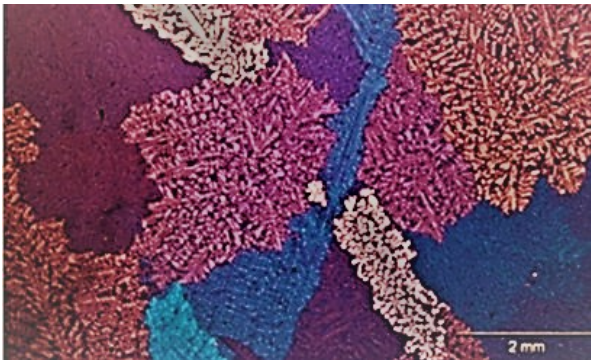
Магниевые сплавы, упрочненные наночастицами нитрида алюминия

Установлено

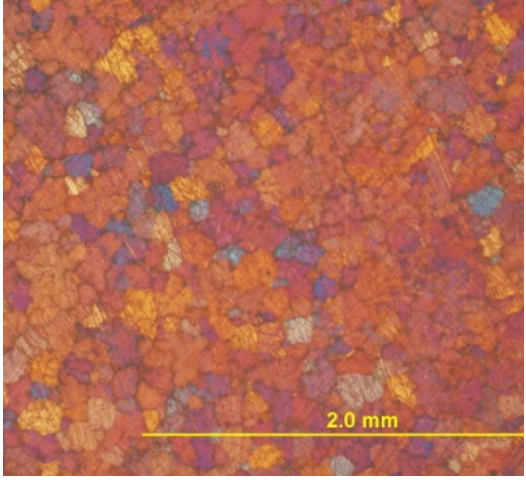
- Повышение пластичности свыше 100% от исходного сплава без частиц
- Повышение прочности, теплопроводности на 50% при введении в расплав 1,5 масс. % AlN .

Изображения микроструктуры сплава (а) без частиц, (б) с частицами AlN

(а)



(б)



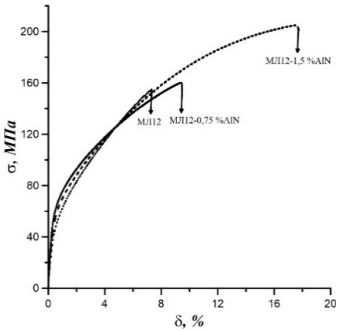
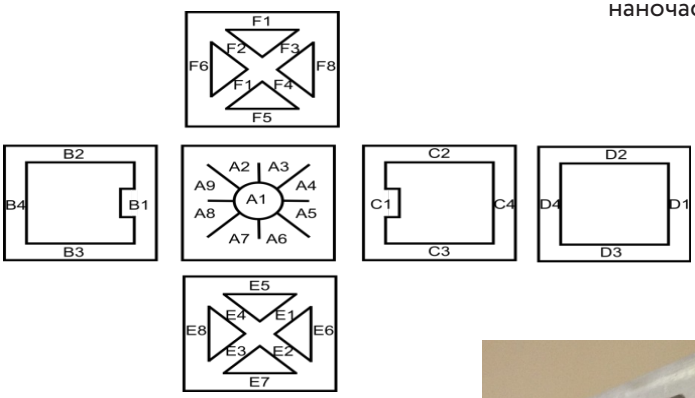
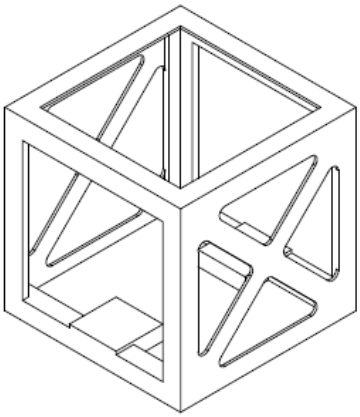
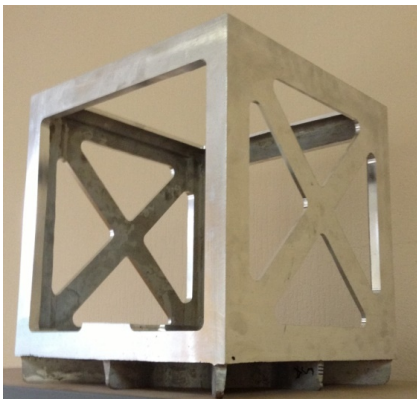


Диаграмма «напряжение-деформация» магниевых сплавов, упрочненных наночастицами AlN

Заказ для European Space Agency



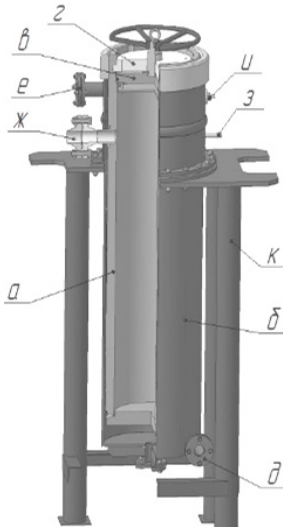




Лигатуры для сталей

Лигатуры для получения сталей нового поколения

Энергосберегающая технология позволяет получать до 20 тонн высокоэффективных азотсодержащих лигатур в год. Лигатуры позволяют модифицировать структуру сплавов и получать новые сплавы с рабочей температурой до -60°С. Также значительно повышается коррозионная стойкость новых сплавов.



Технология базируется на экзотермических реакциях без кислорода

$FeV + N_2 \rightarrow VN + Fe$

$FeB + Ti \rightarrow TiB_2 + Fe$

$FeSi_2 + N_2 \rightarrow Si_3N_4 + Fe$

$FeTi + Si \rightarrow Ti_5Si_3 + Fe$

- Использование в качестве основного сырья ферросплавов и лигатур
- Синтез сплавов с композиционной структурой:
  - матрица – нитриды, бориды, силициды и т.д.
  - связка – сплав на основе железа

Универсальный СВС реактор высокого давления

а — корпус

б — кожух водяного охлаждения

в — крышка

г — упор

д, е — подвод и отвод воды

ж, з — подвод и отвод газа

и — зажигающее устройство

к — стойка

		СВС	НИТРОВАН
Сырье		Феррованадий	V_2O_5, V_2O_3, C
Состав, %	**V**	44-48	76-81
	N	9-11	10-18
	C	0,5 max	1-10
	O	менее 0,4	менее 1,5
Фазы		VN, α-Fe(Mn)	VCN
Плотность, г/см³		6,0–6,5	~3,0

Получение высокоэффективных азотсодержащих лигатур

Высокопрочные экономнолегированные хладостойкие стали, (0,008–0,025 % N), отвечающие требованиям

- Надежная эксплуатация изделий при -60 °С
- Хорошая свариваемость
- Высокая прочность ⩾ 600 Мпа
- Высокая ударная вязкость

ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2531215
ВЫСОКОПРОЧНАЯ КОРРОЗИОННОСТОЙКАЯ СТАЛЬ

Получено более 20 патентов на новые технологии получения сталей

- Современные азот- и борсодержащие стали и сплавы
- Стали для бандажных колец турбогенераторов 0,4–0,9% N
- Клапанные стали для двигателей 0,3–0,6% N
- Высокопрочные низколегированные стали 0,008–0,025% N
- Рельсовые стали низкотемпературной надежности ~0,012% N
- Трансформаторные стали с нитридным ингибированием ~ 0,01% N
- Высокопрочные α-титановые сплавы ~ 0,015% N
- Высокопрочные алюминиевые сплавы ~ 0,01% B
- Специальные стали для атомной промышленности (1,3–1,8% B)

Расход лигатуры — 1 кг/тонна

Плавленный СВС нитрид феррованадия

Сплав типа НИТРОВАН

Томский научно-промышленный кластер двойного назначения
Комплексные автоматизированные системы

Россия, 634061, г. Томск
Комсомольский пр-т, 62
Тел.: +7 983 232-73-91
e-mail: info@cluster70.ru

Национальный исследовательский
Томский государственный университет

Россия, 634050,
Томск, пр. Ленина, 36
Тел.: (3822) 529-852
Факс: (3822) 529-585
e-mail: rector@tsu.ru
http://www.tsu.ru