



Минобрнауки России



СО РАН

Разработки ИТПМ СО РАН

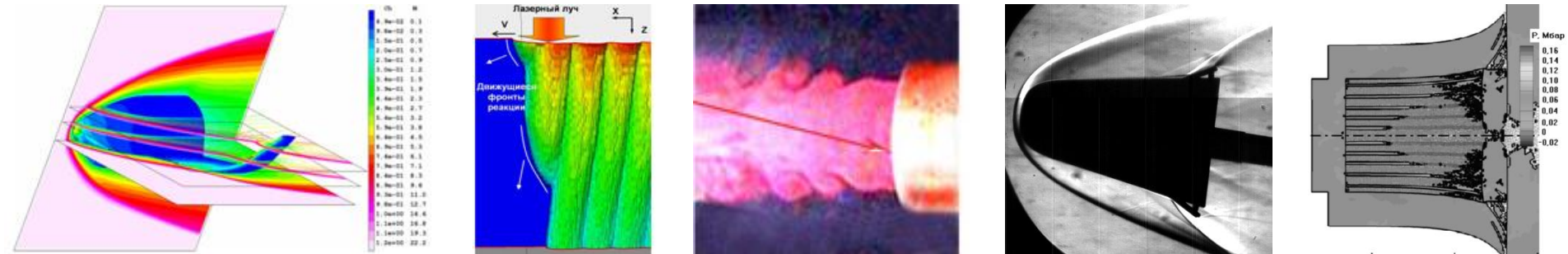


Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН

Общая численность сотрудников института	539
научных сотрудников	212
членов РАН	4
докторов наук	65
кандидатов наук	112
инженерно-технических работников	309
аспирантов	18
Тюменский Филиал ИТПМ СО РАН	30

Направления научной деятельности

- Математическое моделирование в механике
- Аэрогазодинамика
- Физико-химическая механика
- Механика твердого тела, деформации и разрушения



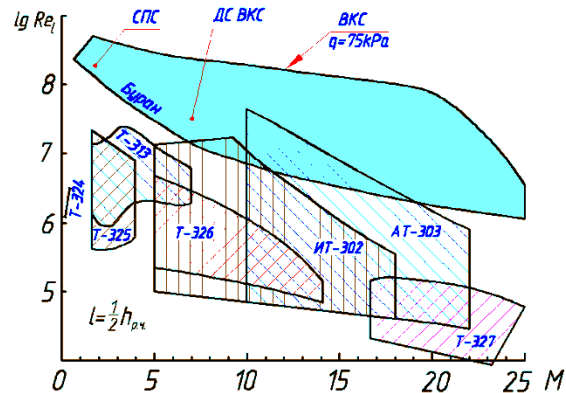
Аэродинамическая база ИТПМ СО РАН

Уникальная аэродинамическая экспериментальная база для исследований аэрокосмических проблем в диапазоне скоростей от малых дозвуковых до космических.

Аэродинамические установки мирового класса обеспечивают высокое качество проводимых фундаментальных и прикладных исследований.



Сверхзвуковая АДТ Т-313



Импульсная АДТ ИТ-302



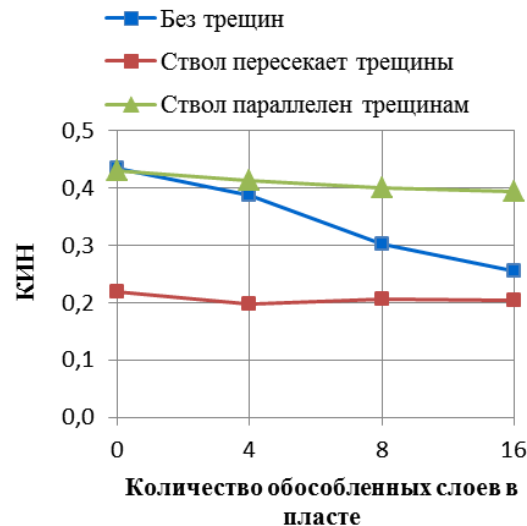
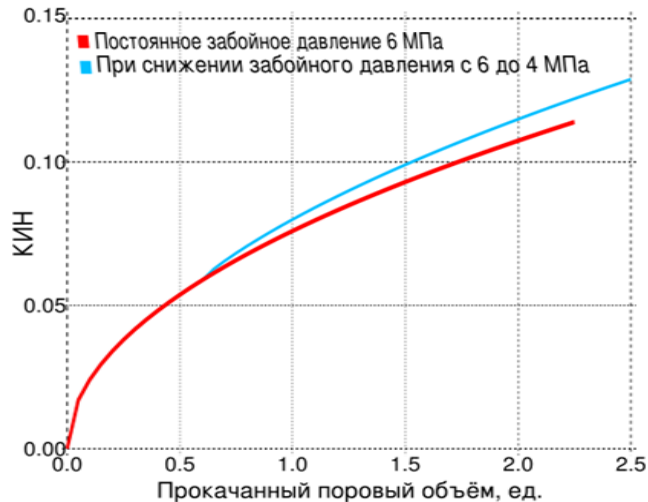
Дозвуковая мало-турбулентная АДТ Т-324



Гиперзвуковая АДТ адиабатического сжатия АТ-303

Программный код для моделирования фильтрации

Влияние трещиноватости пласта на добычу нефти может быть существенным. В ИТПМ СО РАН создан программный код для моделирования фильтрации в трещиновато-пористом коллекторе. Исследование зависимости коэффициента извлечения нефти (КИН) от расположения горизонтальной добывающей скважины относительно вертикальных трещин в пласте показало, что КИН может быть больше, когда ствол скважины не пересекает трещины. Показано, что учет зависимости раскрытия (проводимости) трещины от давления может привести к уменьшению прогнозного объема извлеченной нефти на 10%. Результаты работы нашли практическое подтверждение и применение на нефтяном месторождении.



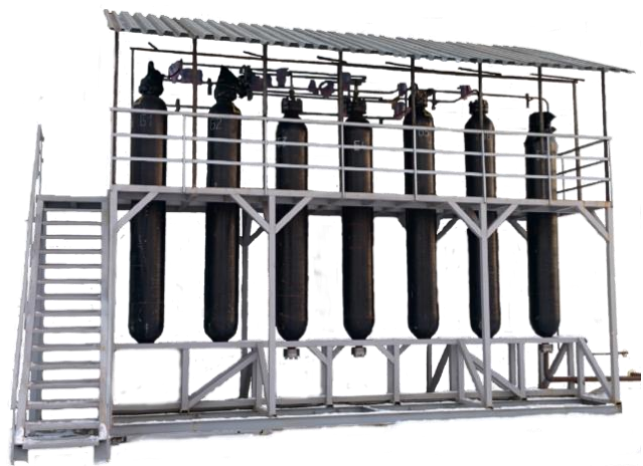
Значения коэффициента извлечения нефти для различных вариантов взаимного расположения трещин и горизонтальной добывающей скважины (пятиточечная схема расстановки скважин).

Изменение коэффициента извлечения нефти (КИН) при учёте зависимости раскрытия трещины от давления

Адсорбционно-мембранная технология выделения гелия из природного газа с одновременной его осушкой

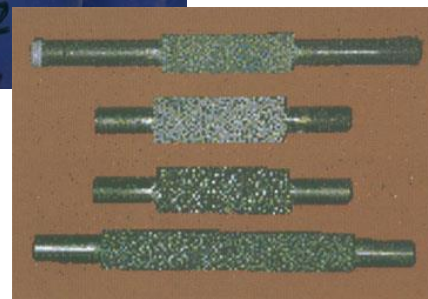
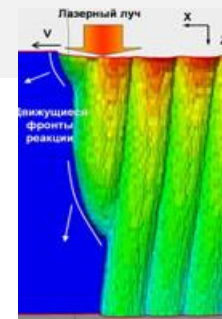
Создан композиционный сорбент на основе псевдобемита и синтетических микросфер из натрийборсиликатного стекла с целью применения в научно-обоснованной мембранно-сорбционной технологии выделения гелия из природного газа. Выделение гелия из природного газа основано на высокой селективной проницаемости микросфер по отношению к легким газам. Благодаря этому свойству композитный сорбент на основе микросфер, помещенный в поток, способен улавливать гелий и осушать природный газ.

Показана принципиальная возможность оптимального использования исследованного композитного сорбента путем совмещения процессов осушки природного газа от водяных паров и извлечения из него гелия, что позволяет сократить технологическую схему предварительной подготовки природного газа.

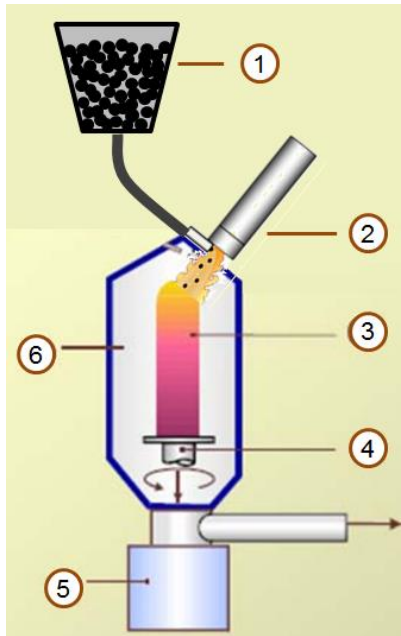


Физико-химическая механика

- Лазерные технологии
 - Лазерные комплексы
 - Резка, сварка
- Нанопорошки
 - Опытно-промышленная установка
 - керамика
- Холодное газодинамическое напыление
- Плазменные технологии
 - Плазмотроны
 - Плазменное напыление
 - Плазменная переработка



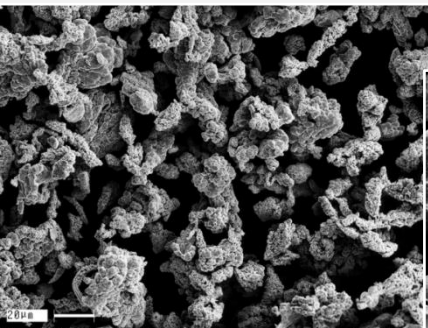
Плазмокерамика – технология изготовления керамических изделий методом напыления на модель



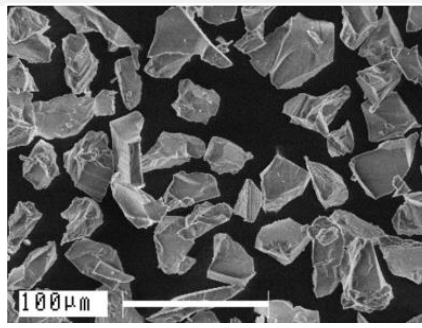
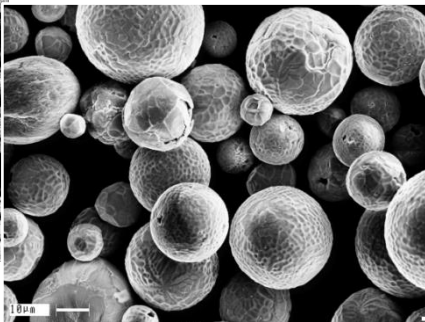
**Многослойные
компонитные
изделия с
металлическими и
керамическими
слоями**

1 – дозатор порошка; 2 – плазмотрон;
3 – выращиваемая деталь;
4 – перемещаемая основа;
5 – мотор; 6 – рабочая камера.

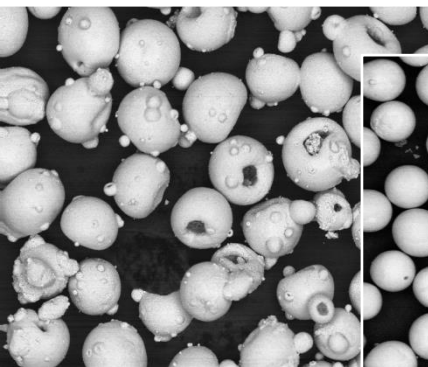
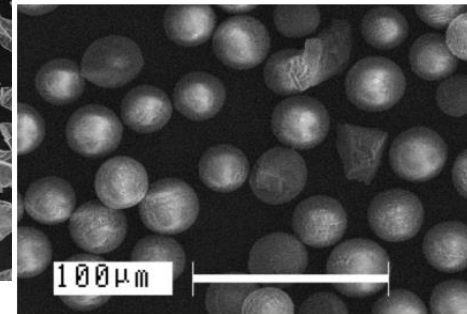
Производство порошковых металлических и керамических материалов для 3D-принтеров и аддитивных лазерных систем



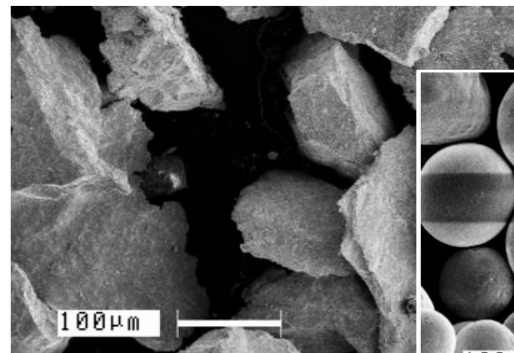
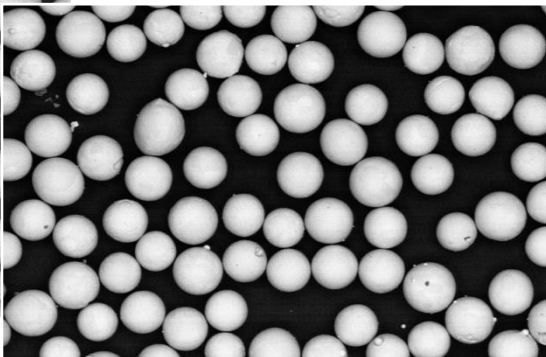
Никель ПНЭ-1



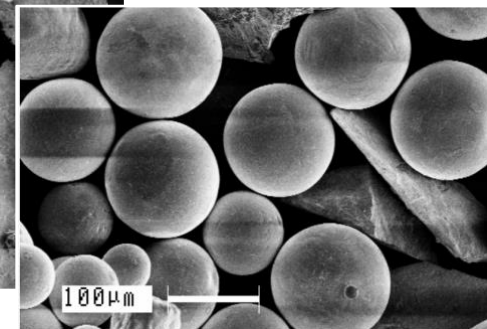
Al_2O_3



ZrO_2



WC

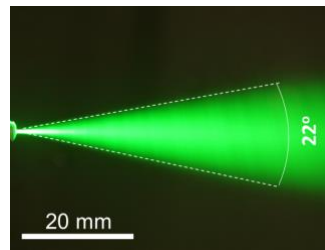


Плазменное напыление теплозащитных покрытий с использованием порошковых и жидкофазных материалов

Напыление суспензий и растворов

1) Столбчатая структура повышает термоциклическую стойкость покрытия до 2х раз.

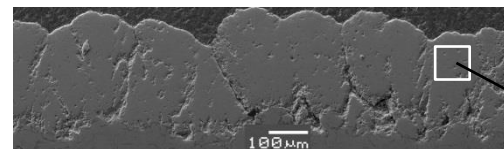
2) Нанесение покрытий класса пироксидов $\text{Ln}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ (Ln=La, Nd, Sm, Gd): температурная стабильность до 1400-1600 °С.



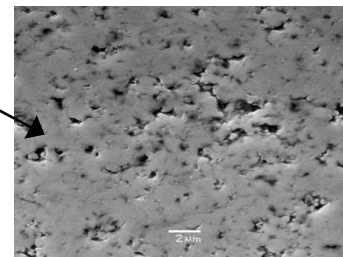
Факел распыла суспензии



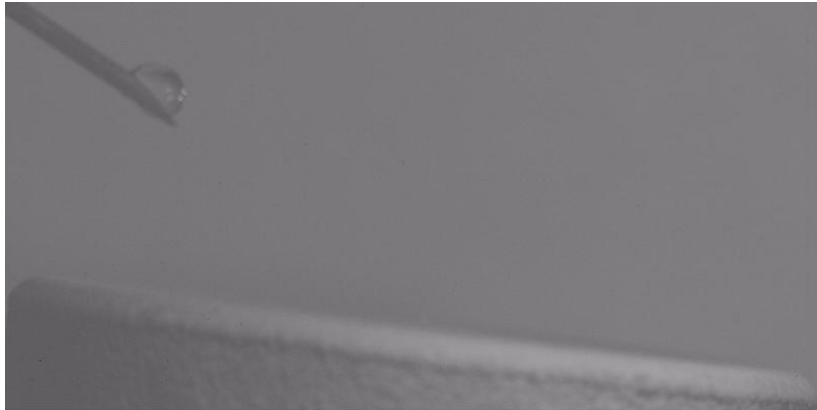
Напыление суспензии $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$



Суспензионное покрытие YSZ толщиной 200 мкм со столбчатой структурой.

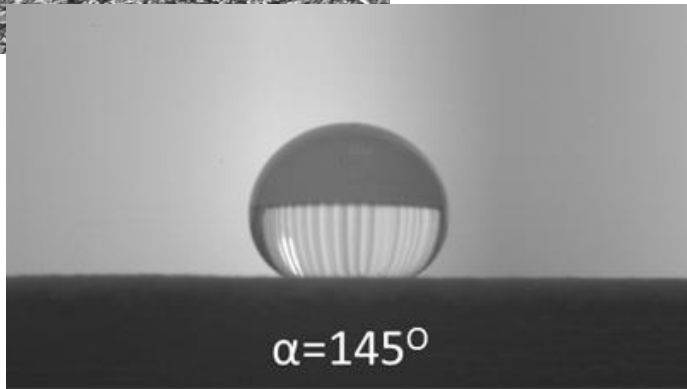
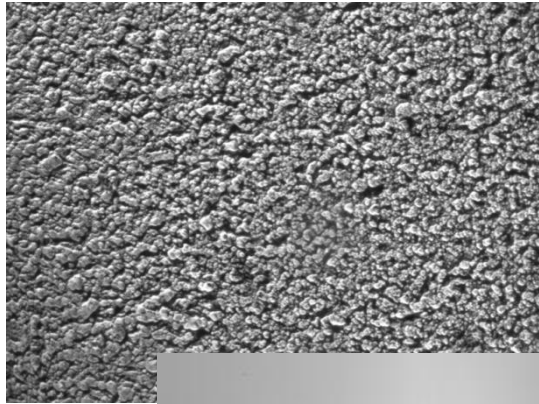


Плазменное напыление с созданием супергидрофобных свойств поверхности материалов

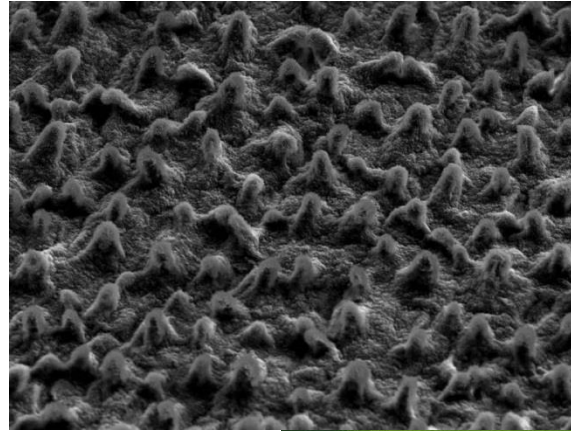


Плазменное напыление с созданием супергидрофобных свойств поверхности материалов

Плазменное оксидное покрытие



Лист лотоса



Влияние нанопорошков (НП) на свойства жаропрочных сплавов K4169

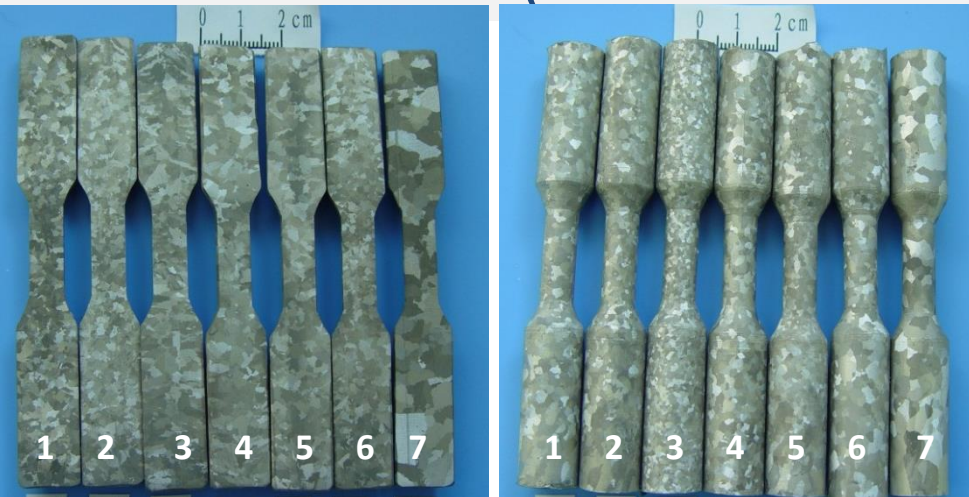


1-без НП, 2 - НП -1, 3- НП -2

No НП	При температуре 25 °С			
	σ_b , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %
1	909.7	841	7.2	8.2
2	1060	963	11.3	27.9
3	1100	1000	9.1	28.6

No.	Длительная прочность (650 °С, 620 МПа)			Увеличение циклической прочности (482 °С)
	τ , ч.	δ_5 , %	ψ , %	N_f , циклов
1	45.00	4.00	3.17	7446
2	58.00	2.52	7.68	11239
3	67.80	3.76	3.75	52130

Влияние нанопорошков (НП) на свойства жаропрочных сплавов К 403 (система никель –хром)



1-6 - модифицированные образцы;
7 – контрольный образец.

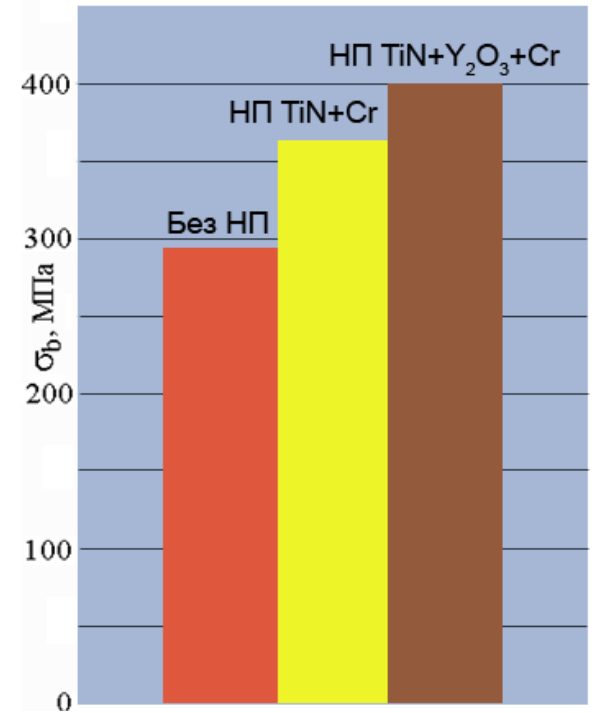
НП, %	Прочность при растяжении σ_B , предел текучести $\sigma_{0.2}$, МПа; относительные удлинение δ и сужение Ψ при 800 °С			
	σ_B ,	$\sigma_{0.2}$,	δ , %	Ψ , %
0	959,0	839.0	6.6	9.55
0.025	985.0	833.0	5.45	3.3
0.035	983.5	825.0	4.0	6.25

Длительная прочность при 975 °С и нагрузке 195 МПа				Циклическая прочность 600 °С,
НП, %	τ , h	δ , %	Ψ , %	N , циклов
0	53.0	4.8	3.95	1809.0
0.025	52.2	5.6	9.83	3288.5
0.035	71.3	10.0	9.78	6029.5

Лазерная сварка титановых сплавов с нанопорошками

Впервые в мире применение нанопорошков при лазерной сварке позволило достичь предела прочности сварного шва, превышающего прочность основного металла!

Сварной шов

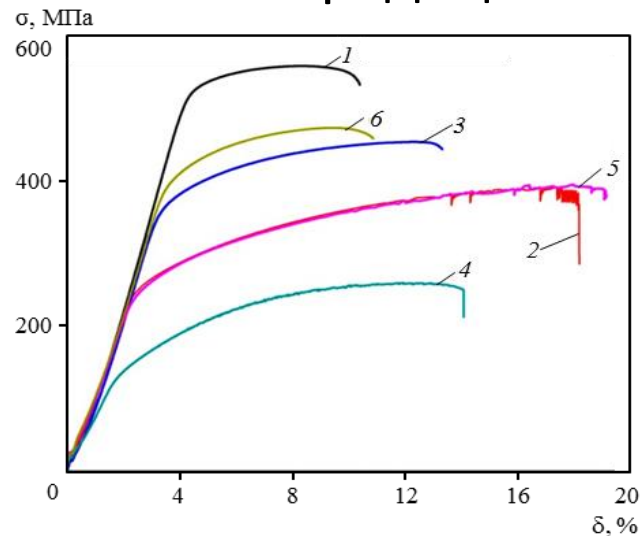


Предел прочности VT 1-0

Лазерная сварка нового перспективного авиационного высокопрочного алюминиевого сплава 1469 (Al-Cu-Li)

Разработанный метод лазерной сварки и термической обработки открывает перспективу создания технологии автоматической лазерной сварки корпусов пассажирских самолетов, что невозможно при использовании традиционных методов сварки.

Сварной шов



Схематическое представление



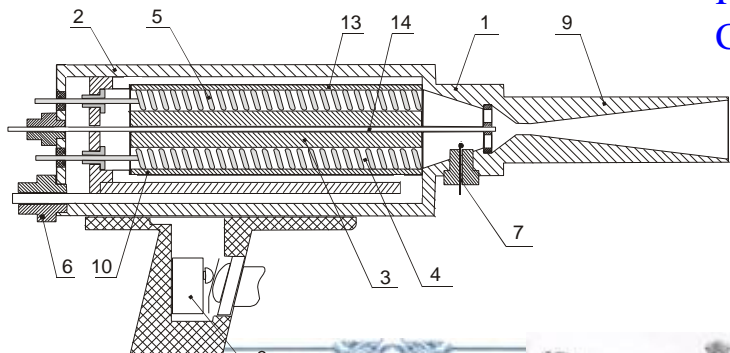
В ИТПМ СО РАН, в первые в мире, создан метод холодного газодинамического напыления. Он позволяет получать покрытия из металлов, сплавов, смесей металлов с керамикой и полимерами, структурный и фазовый состав сохраняются даже на наноуровне.

Частицы (10 - 100 мкм) ускоряются сверхзвуковым потоком газа до 400-1200 м/с, ударяются и закрепляются на подложке и образуют покрытие без плавления

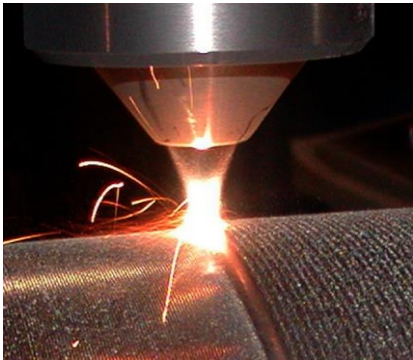
Устройства для нанесения покрытия

RF Patents № 2190695, 2002; № 2247174. 2005.

China patent ZL 2004 1 0034941.3, 2006. India patent N 198651, 2006.



Лазерная наплавка композиционных покрытий



Износостойкость сплава ПГ - 10 Н - 01 при трении о жёстко закреплённый абразив увеличилась в 5 раз за счёт дополнительного упрочнения релитом сферическим и более чем в 3 раза превышает износостойкость быстрорежущей стали.

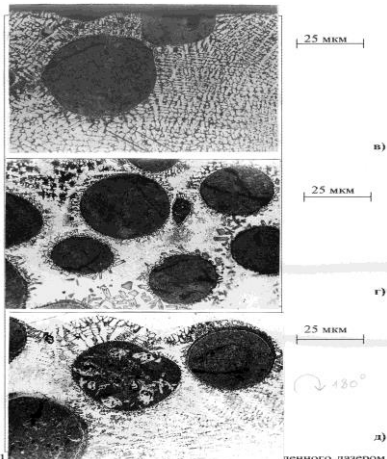
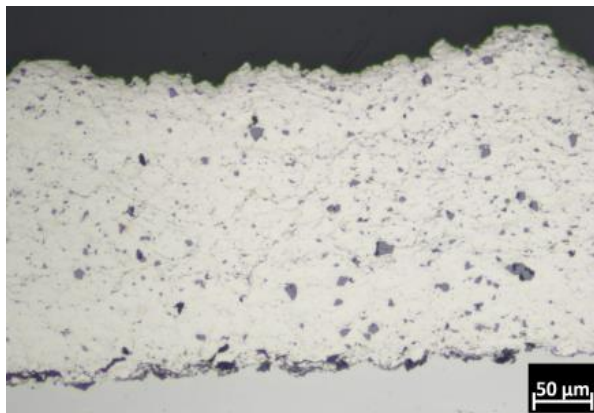


Рисунок 7.11
покрытия 55% ПГ-10Н-01 + 45% сферического релита:
а, б, в – Средняя часть наплавленного слоя; в – поверхность после абразивного изнашивания; д – зона сплавления

Состав покрытия	Твёрдость	$V_{\text{износа}} \times 10^{-7}$, кг/с
ПГ - 10Н - 01	HRC ₃ 45 - 48	25,0
Р6М5 - ПМ	HRC ₃ 66 H ₅₀ = 10,7 ГПа.	15,6
ПГ-10Н-01-55% Релит – 45 %	H ₅₀ = 32,36 ГПа	4,9

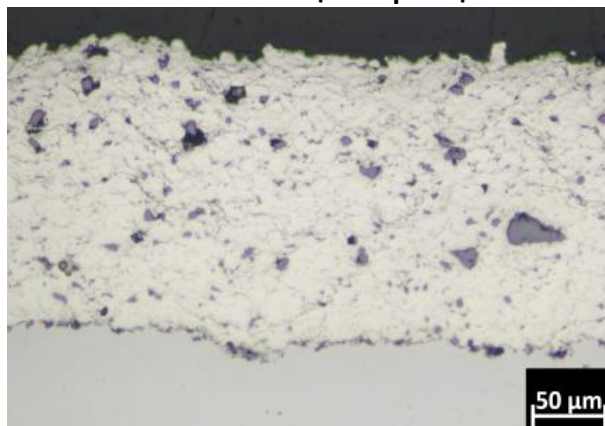
Композиционное покрытие на основе Ni - B₄C

Смесь Ni - B₄C с различными массовыми концентрациями



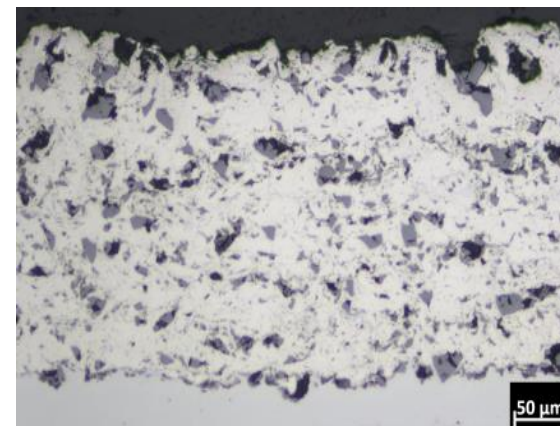
Ni:B₄C
(70:30)

coating thickness
210 ± 40, μm,
powder B₄C with
average size d = 2.9 μm



Ni:B₄C
(50:50)

coating thickness
160 ± 30, μm,
powder B₄C with
average size d = 2.9 μm

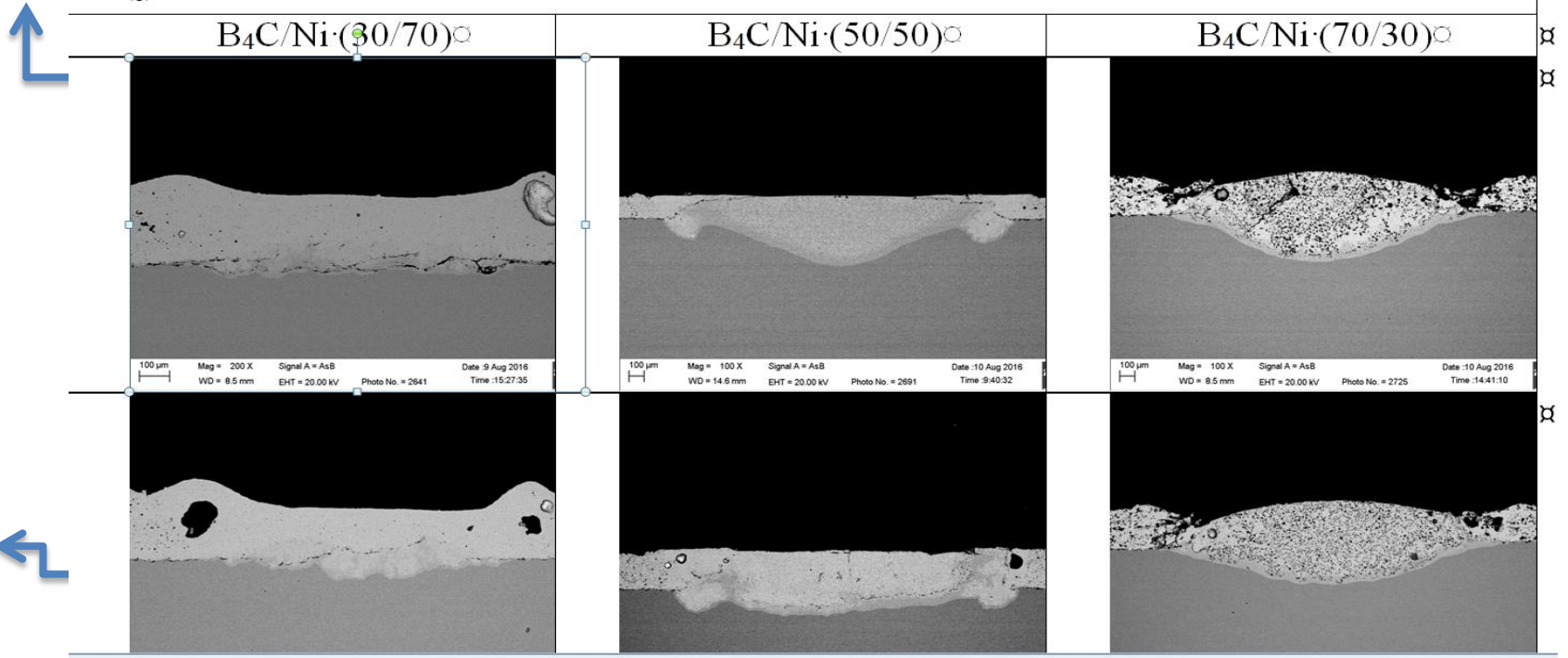


Ni:B₄C
(30:70)

coating thickness
280 ± 40, μm,
powder B₄C with
average size d = 75 μm

Композиционное покрытие на основе Ni - B₄C

f=-20 mm



f=+20 mm

Композиционное покрытие на основе Ti - B₄C

	Material, $HV_{0.1} \pm SE$			
	Ni70/B ₄ C30	Ni50/B ₄ C50	Ni30/B ₄ C70	
Cold spray	225 ± 11	250 ± 11	278 ± 12	
Cold spray + laser	313 ± 11	756 ± 18	1117 ± 41	
Substrate titanium alloy				330 ± 3
Substrate titanium alloy, 50 mm from laser track				378 ± 4

Микротвёрдость увеличилась более 3 раз