

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

«Влияние нагревов на структуру и фазовый состав композитов
системы Al-Ti»

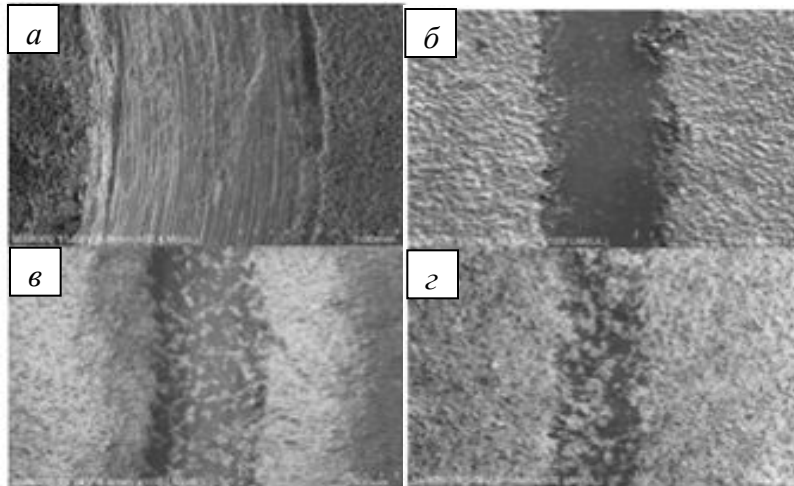
Студент группы: МВ-431
Шумилова С. В.

Научный руководитель: к.т.
н доцент
Богданов А. И.

Волгоград, 2020

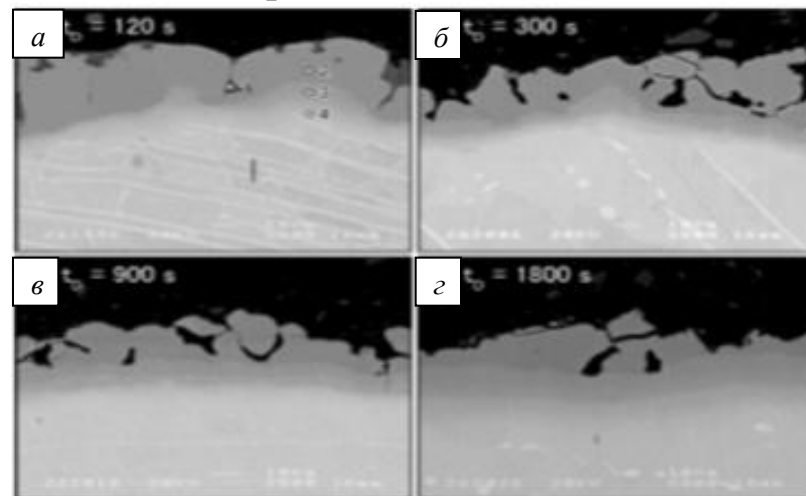
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАРО- И ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДОВ ТИТАНА

Микродуговое оксидирование



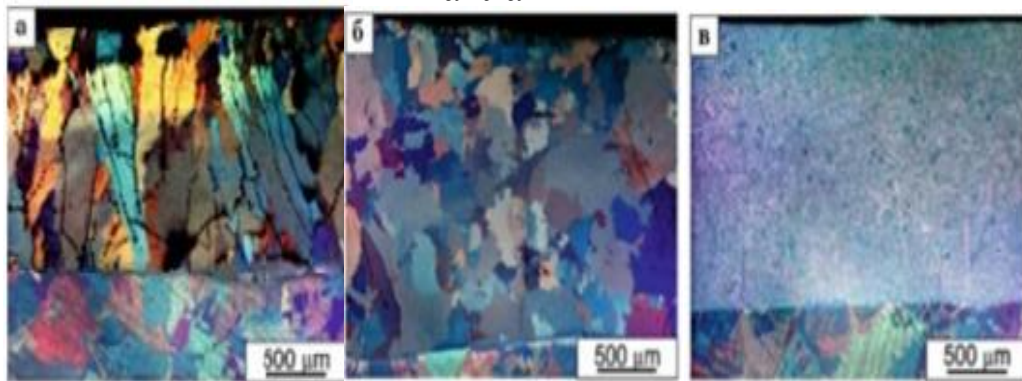
Следы износа покрытий МДО, сформированных на горячем алитированном титане: (а) 10 мин, (б) 20 мин, (в) 30 мин и (г) 40 мин

Термическое напыление



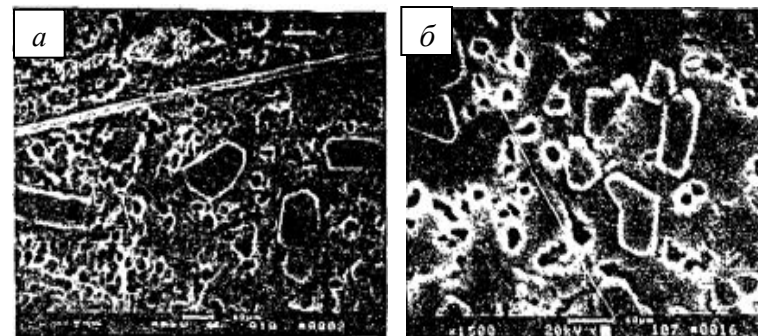
Отражение электронных изображений образцов, обработанных диффузией: (а) 120 с, (б) 300 с, (в) 900 с, (г) 1200 с

Метод вневакуумной электроннолучевой наплавки



Результаты оптической металлографии: а – Ti-Al (10/35); б – Ti-Al (25/25); в – Ti-Al (38/15)

СВС

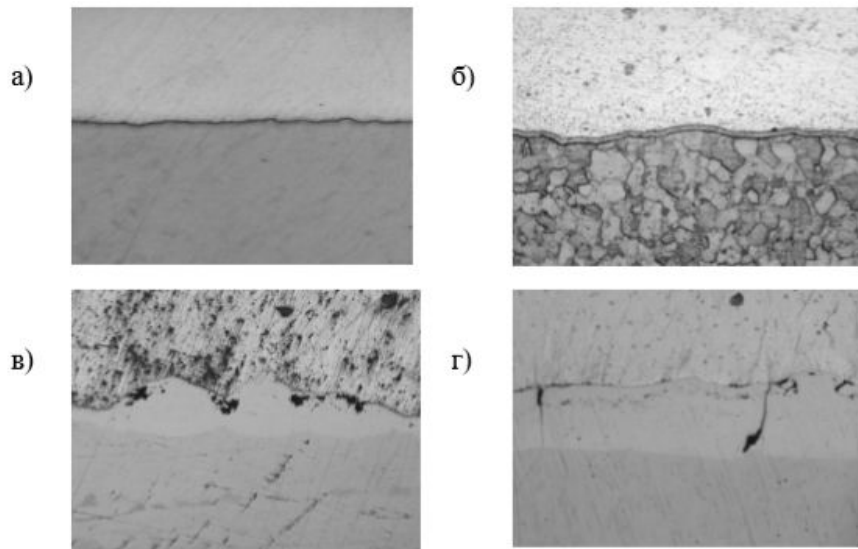


Микроструктура СВС- лигатуры Al-Ti (x1500) при разных соотношениях порошков Al:Ti: а- 3:1, б- 3,75:1

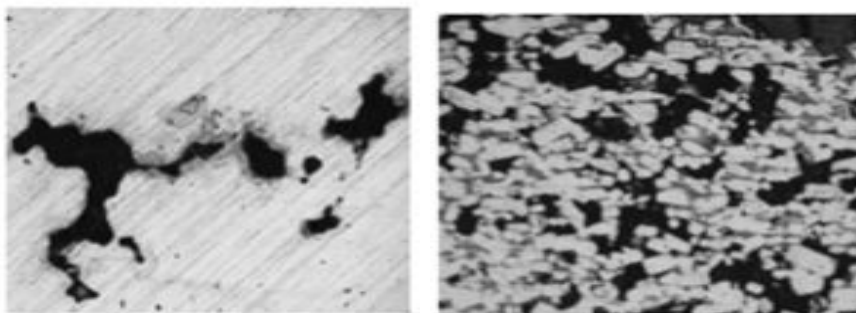
				VKP-40461806-22.03.01-1.24-20			
Имя	И.П.Р.	Долг.	Место	Методы получения покрытий		Авт.	Модиф.
Исполн.	Иванов С. В.			Авт.	Модиф.		
Исполн.	Богданов А. И.						
Исполн.	Таров А. Ф.						
Исполн.	Иуранин Э. М.						
				Коллектор		Формат А1	

СЛОИСТЫЕ МЕТАЛЛО-ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ СИСТЕМЫ Al-Ti, ПОЛУЧЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА

Твердофазная диффузия



Вид сплошной интерметаллидной прослойки на границе VT1-0-АД1 после отжига композита при 630 °С: а – без ТО; б – 4 ч; в – 30 ч; г – 90 ч

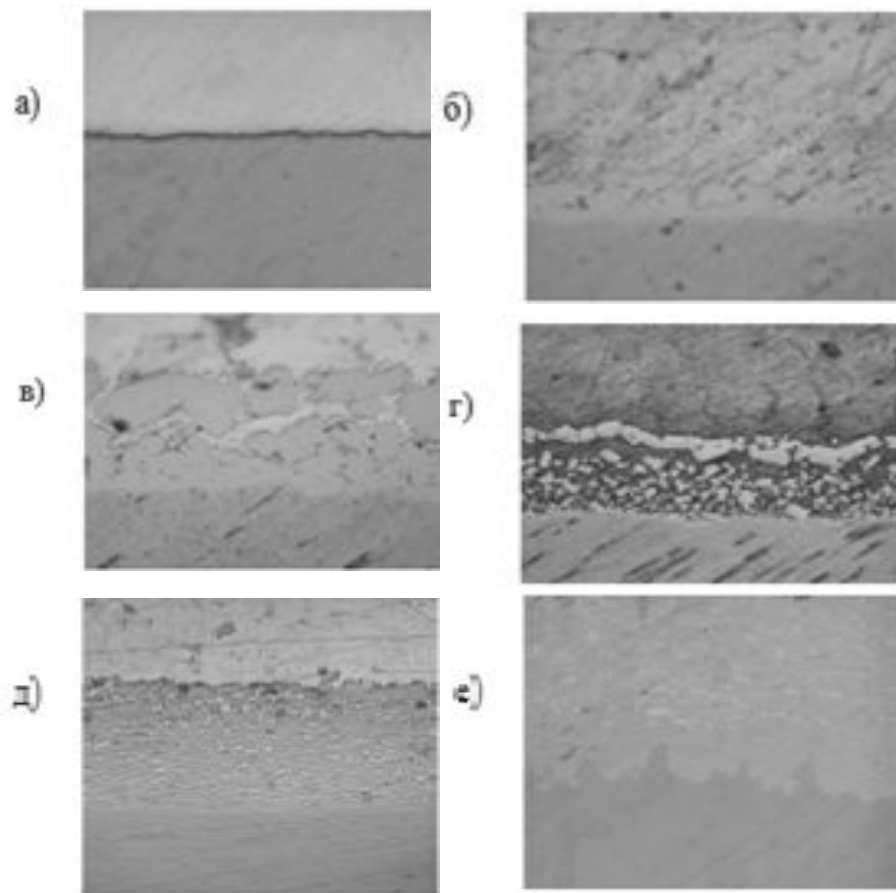


а)

б)

Микроструктура закристаллизовавшегося алюминиевого слоя без осадки: а – 750 °С , 5 часов x500, б – 750 °С , 18 часов x500

Диффузия в присутствии жидкой фазы

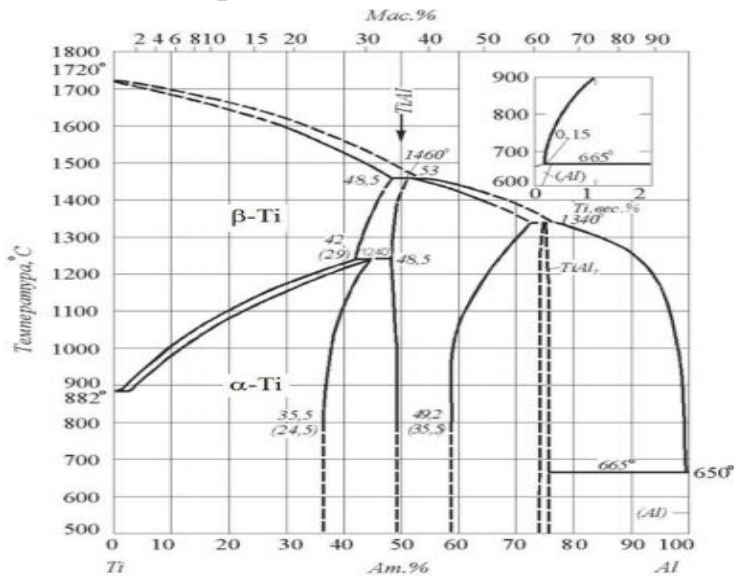


Вид сплошной интерметаллидной прослойки на границе VT1-0-АД1 после отжига композита при 750 °С: а – без ТО; б – 2 ч; в – 5ч; г – 8 ч; д – 14 ч; е – 18 ч

				ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20			
Исп. №	И. Фамилия	Долг.	Место	Взаимодействие титана с расплавом алюминия		Доп.	Испыт.
Результат	Филиппов С. В.						
Дата	Безделов А. И.					Доп.	Испыт.
Исполнитель						ВолГТУ МВ-431	
Научный руководитель	Григорьев А. Ф.						
Метод	Урванцев Л. М.						

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диаграмма состояния Ti-Al



Химический состав исследуемых материалов

Материал	Содержание элементов, %										
	Mg	C	N	O	H	Si	Mn	Fe	Cu	Ti	Al
АД1	≤0,1	-	-	-	-	≤0,3 5	≤0,1	≤0,3	≤0,0 5	≤0,0 1	Ост
BT1-0	-	0,07	0,0 4	0,1 2	0,01	-	-	0,18	-	Ост	-

СЭМ-изображение зоны соединения BT1-0-АД1 после СВ

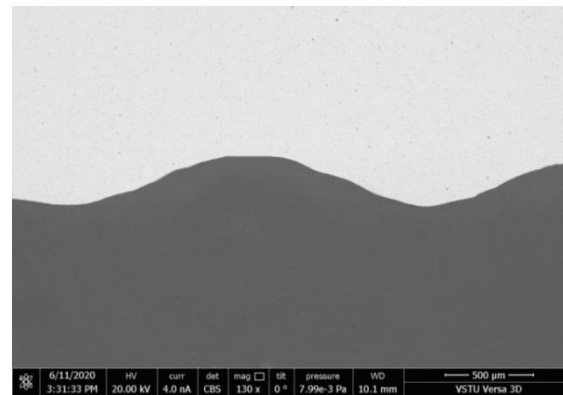
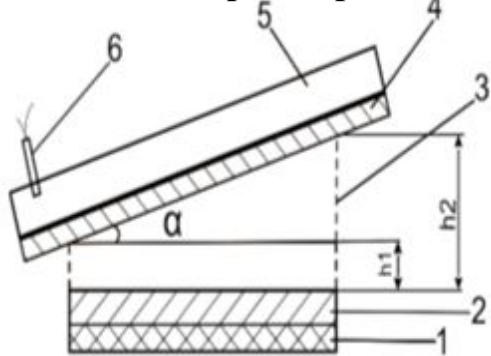


Схема сварки взрывом



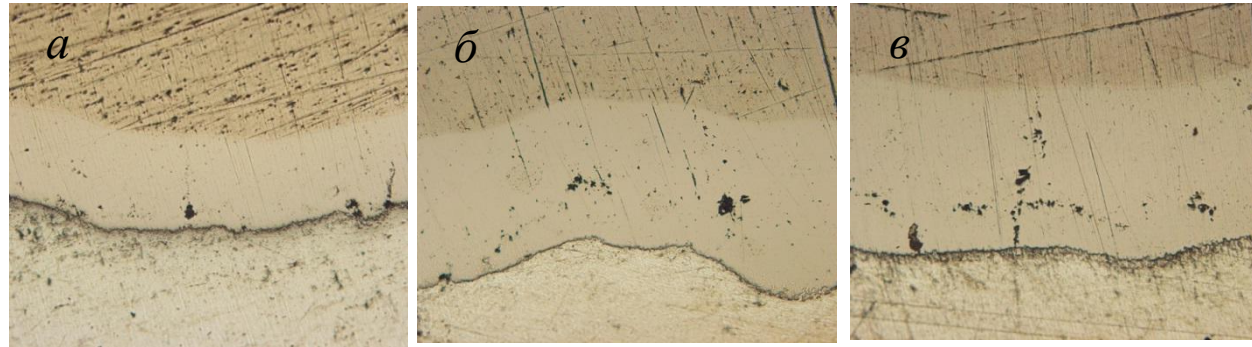
1 – основание (деревянная плита); 2 – неподвижная пластина BT1-0; 3 – технологические зазоры; 4 – метаемая пластина АД1; 5 – заряд ВВ (50% аммонита №6ЖВ + 50% кварцевый песок, высота – 55 мм); 6 – электродетонатор

Методы исследования

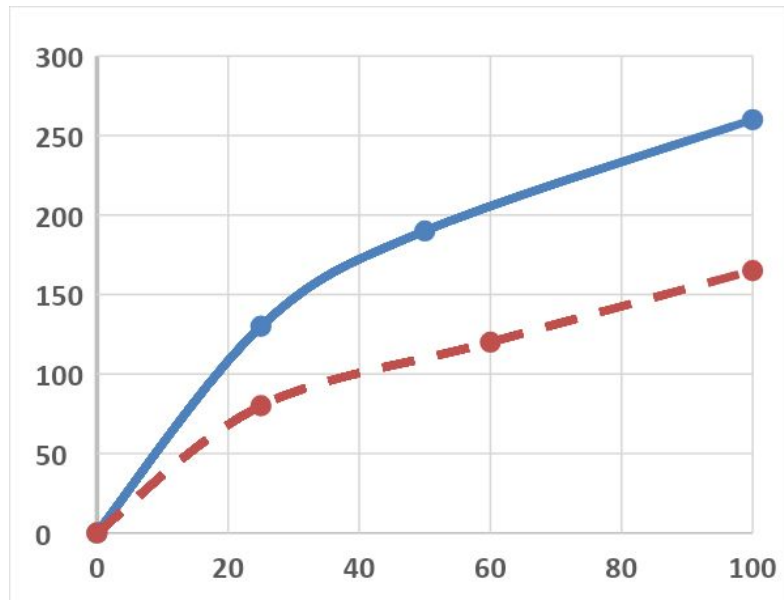
- Высокотемпературные нагревы печь SNOL 8,2/1100
- Металлографические исследования Versa 3D
- Исследование фазового и химического состава Bruker D8 Advance , Versa 3D

				ВКР-40461806-22.03.01-1.24-201			
Исп. №	И.Р. №	Дата	Время	Материалы и методы			
18020	03.03.22	14:00	14:00	Ал	Мет	Метод	
Исполн.	Исполн. А. Н.			Ал	Мет	Метод	
Исполн.	Трухан А. Ф.			ВолгГТУ МВ-431			
Исполн.	Фурсов Е. М.			Контроль Формат А1			

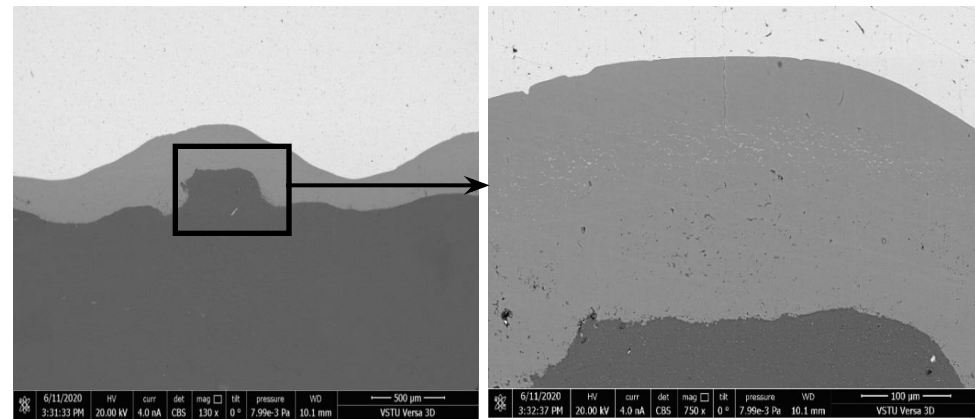
КИНЕТИКА РОСТА ДИФФУЗИОННОЙ ПРОСЛОЙКИ НА МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЕ ВТ1-0+АД1



Микроструктуры зоны соединения ВТ1-0-АД1 после ТО при 650 °С: в течение 25 (а), 50 (б) и 100 (в) часов ×200



Кинетика роста ДЗ на межслойной границе композитов ВТ1-0-АД1 при температуре 650 °С (1) и 630 °С (2)

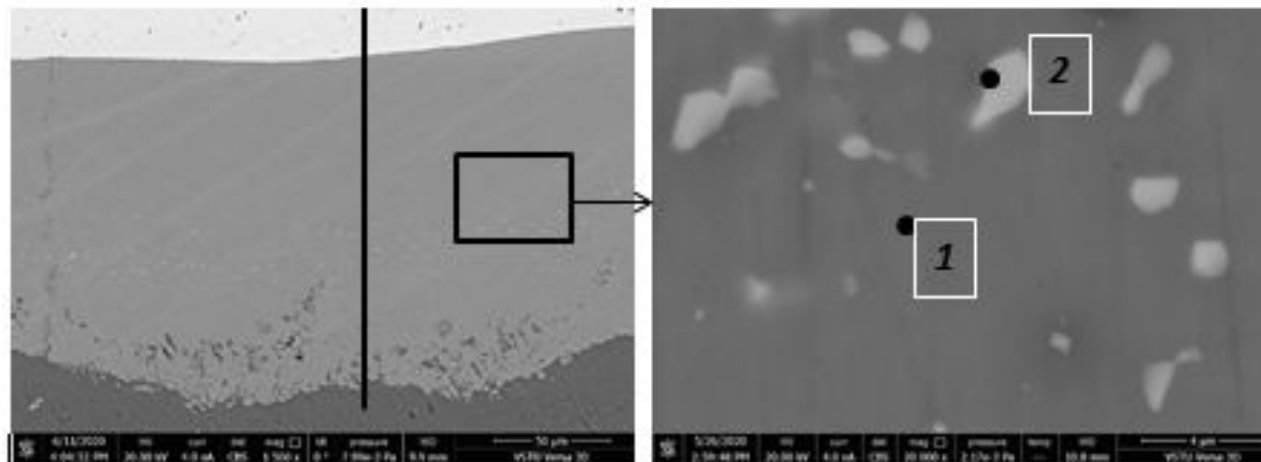


Микроструктура ДЗ в КМ ВТ1-0-АД1 после ТО 650 °С , 100 ч с различным увеличением

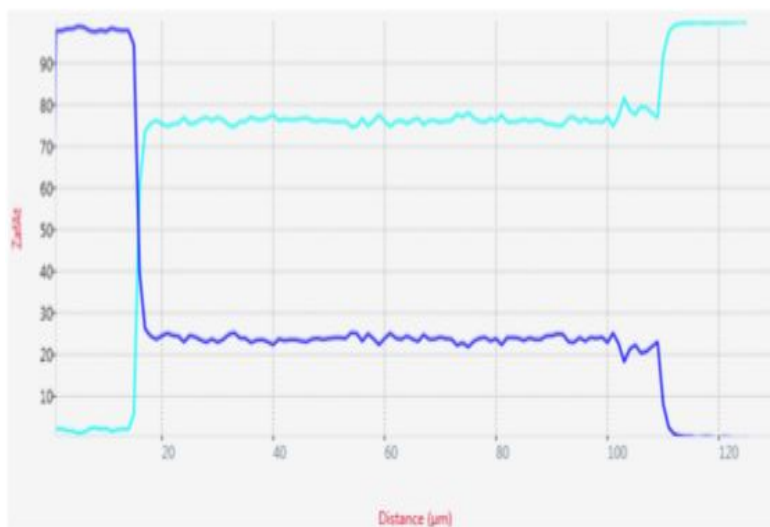
				ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20			
Исп. №	И. №	Дет.	Матр.	Металлографические исследования	Дат.	Масш.	Масштаб
Исп. №	И. №	Дет.	Матр.		Дат.	Масш.	Масштаб
Исполн.	Проф. А. Ф. Курочкин	Стр.	Урушидзе Э. М.	ВоентГУ МВ-431			
				Копировать Формат А1			

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДИФфуЗИОННОЙ ПРОСЛОЙКИ НА МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЕ ВТ1-0+АД1

СЭМ-изображения ДЗ в КМ ВТ1-0-АД1 после ТО 650 °С, 25 ч с различным увеличением. Вертикальной линией и точками показаны области ЭДС анализа химического состава.



Распределение химических элементов по толщине ДЗ



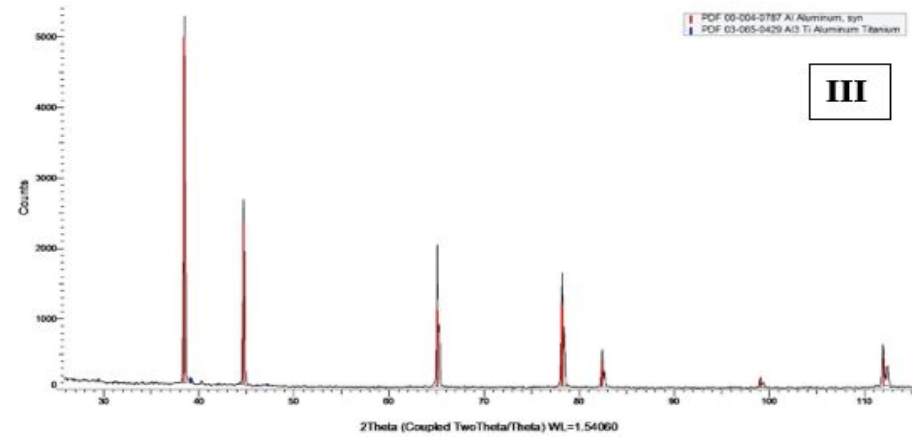
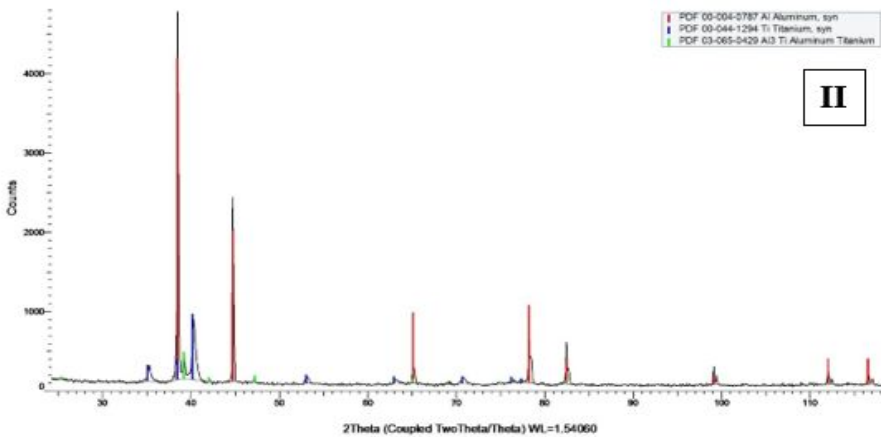
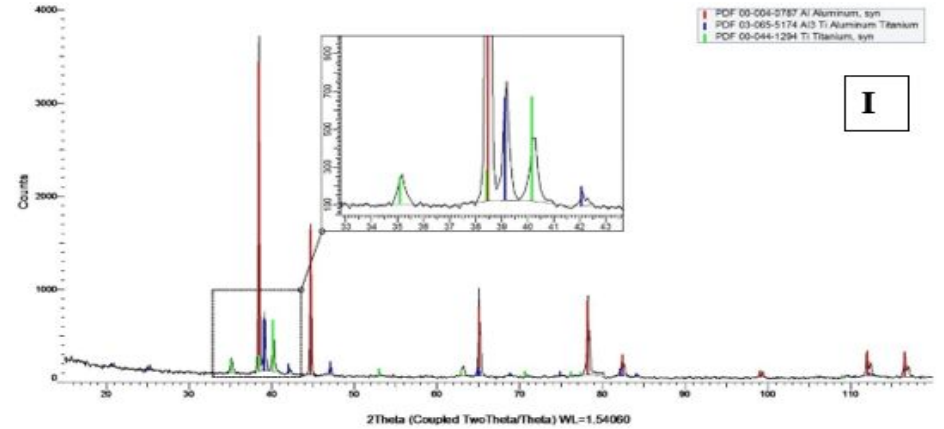
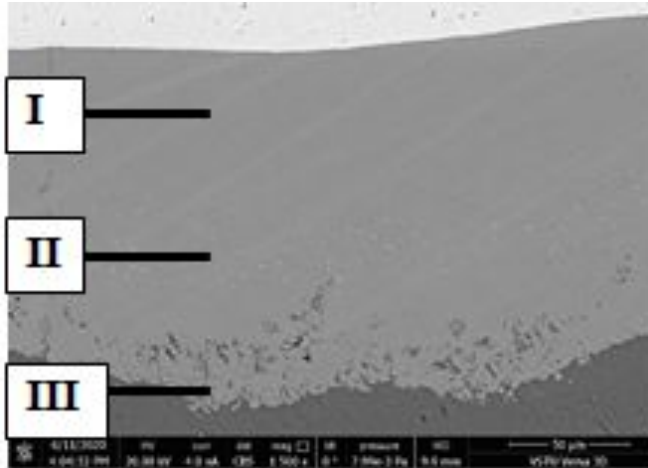
Al K
Ti K

Результаты точеного ЭДС анализа состава ДЗ

Точка анализа	Содержание элемента, ат. %			Предполагаемая Фаза
	Al	Ti	Fe	
1	75,64	24,36	-	TiAl ₃
2	74.7	9.96	15.34	Al ₃ Ti _{0.7} Fe _{0.25}

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ДИФфуЗИОННОЙ ПРОСЛОЙКИ НА МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЕ ВТ1-0+АД1

Дифрактограммы, снятые на различной глубине ДЗ в КМ состава ВТ1-0-АД1 после ТО по режиму 650 °С, 25 ч



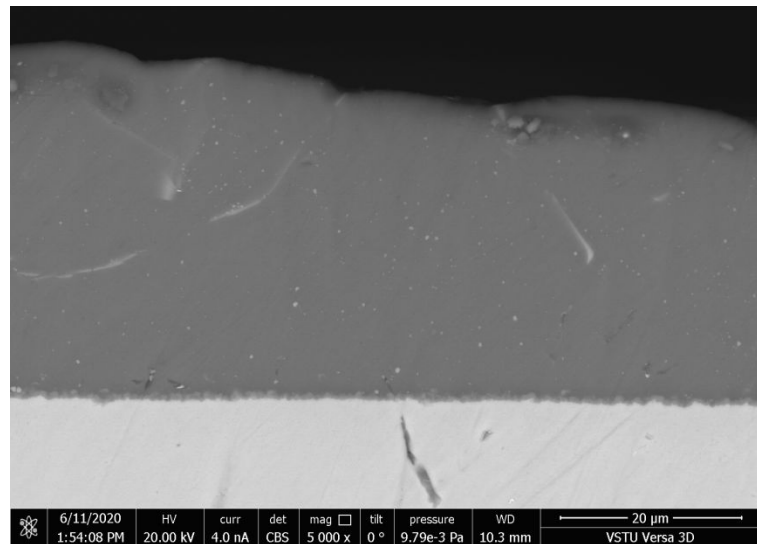
				ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20			
Исполн.	М.Розык	Тема	Матр.	Рентгеноструктурные исследования	Дир.	Мисс.	Масштаб
Проф.	Земсков С. В.	Автомат.	Богданов А. И.		Дир.	Мисс.	Масштаб
Исполн.	Трахов А. Ф.			ВолГТУ МВ-431			
Проф.	Курочкин Л. М.			Формат А1			

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Al-Ti НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА

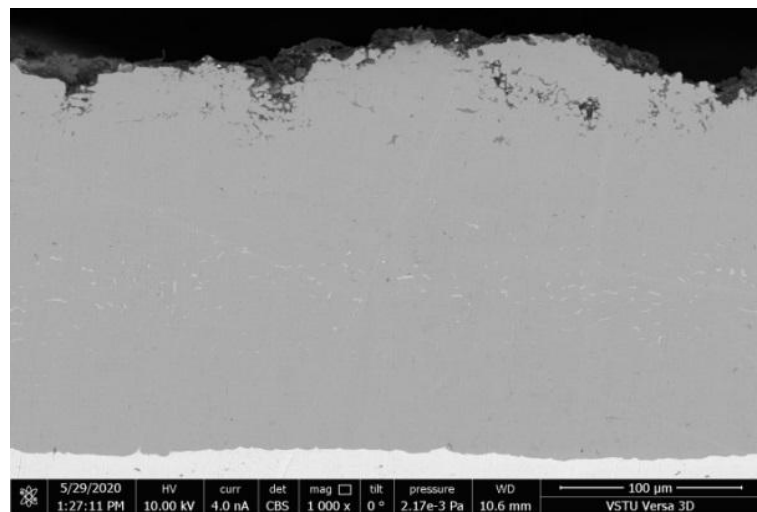
СЭМ-изображения структуры КМ ВТ1-0-АД1

после ТО 650 °С и ускоренного охлаждения в воде: в течение 10 (а), 50 (б) и 100 ч (в)

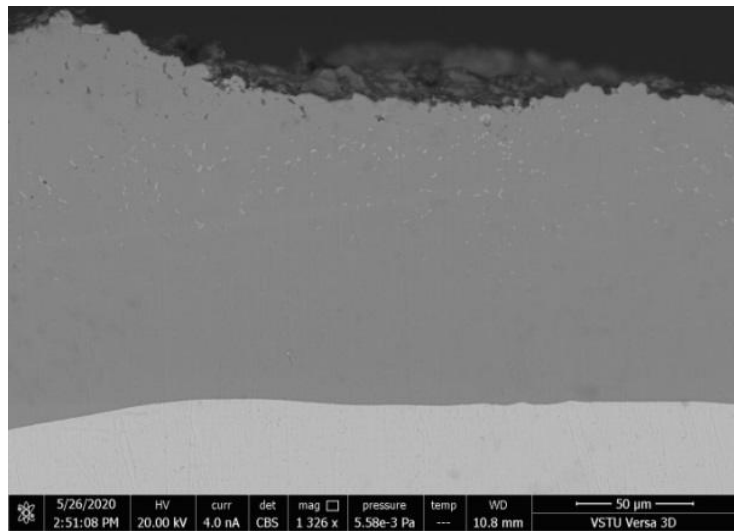
Толщина покрытия 50 мкм



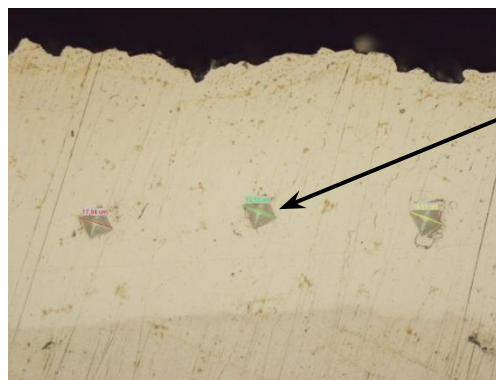
Толщина покрытия 210 мкм



Толщина покрытия 120 мкм



Микротвердость
покрытия
5,3 – 5,5 ГПа



				ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20	
Исп. №	И.Р.	Лист	Место	Рентгеноструктурные исследования	
Исполн.	Богданов С. В.	Авт.	Лист		
Исполн.	Богданов А. И.	Лист	Листов		
Исполн.	Трунов А. Ф.				ВолГТУ МВ-431
Исполн.	Урусов Э. М.				
			Коллектор		Формат А1