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»

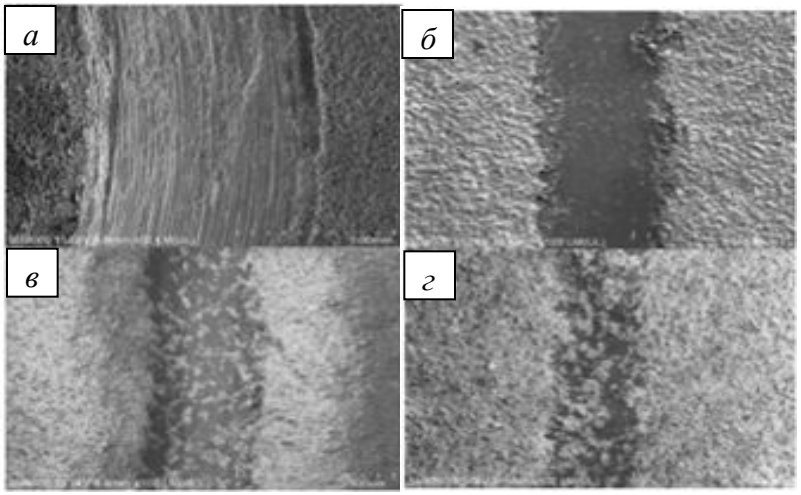
Студент группы: МВ-431
Шумилова С. В.

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

Волгоград, 2020

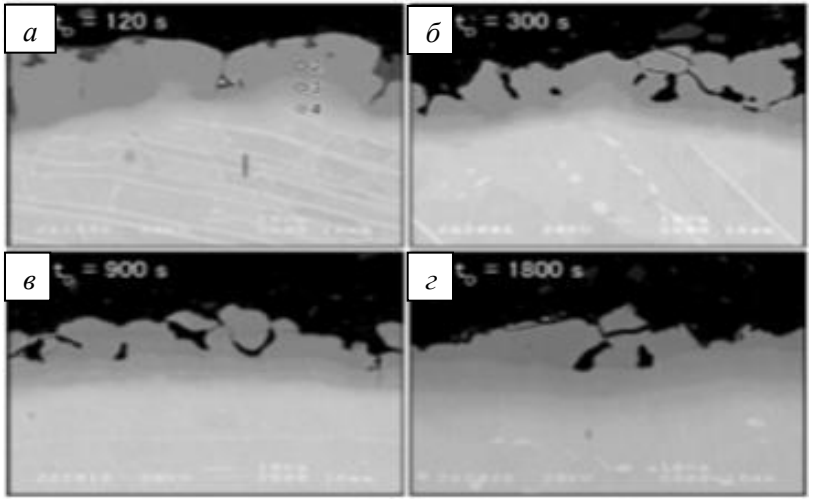
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАРО- И ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДОВ ТИТАНА

Микродуговое оксидирование



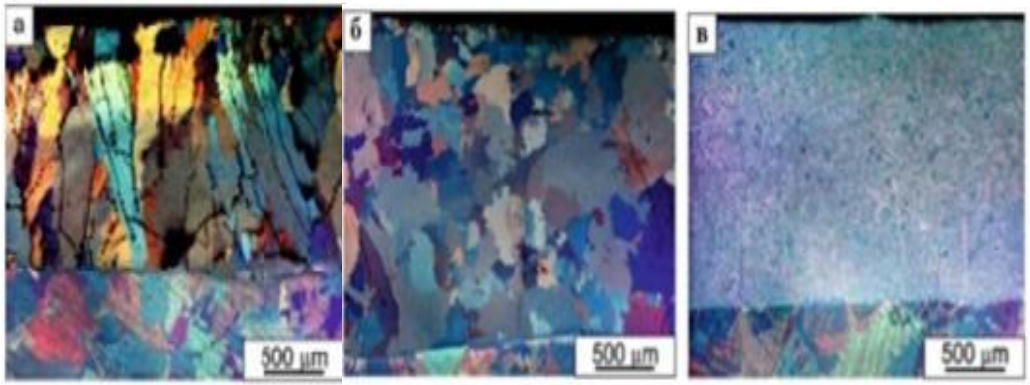
Следы износа покрытий МДО, сформированных на горячем алитированном титане: (*а*) 10 мин , (*б*) 20 мин , (*в*) 30 мин и (*г*) 40 мин

Термическое напыление



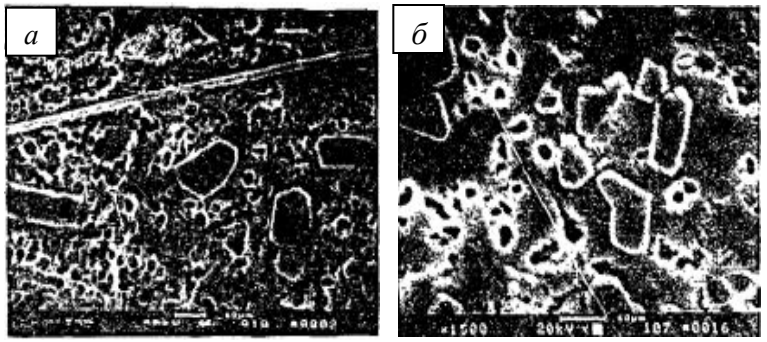
Отражение электронных изображений образцов, обработанных диффузией: (а) 120 с, (б) 300 с, (в) 900 с, (г) 1200 с

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

				ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Методы получения покрытий	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шумилов С. В.						
Пров.	Богданов А. И.				Лист	Листов	
Т.контр.					ВолгГТУ МВ-431		
Н.контр.	Трудов А. Ф.						
Утв.	Гуревич Л. М.						

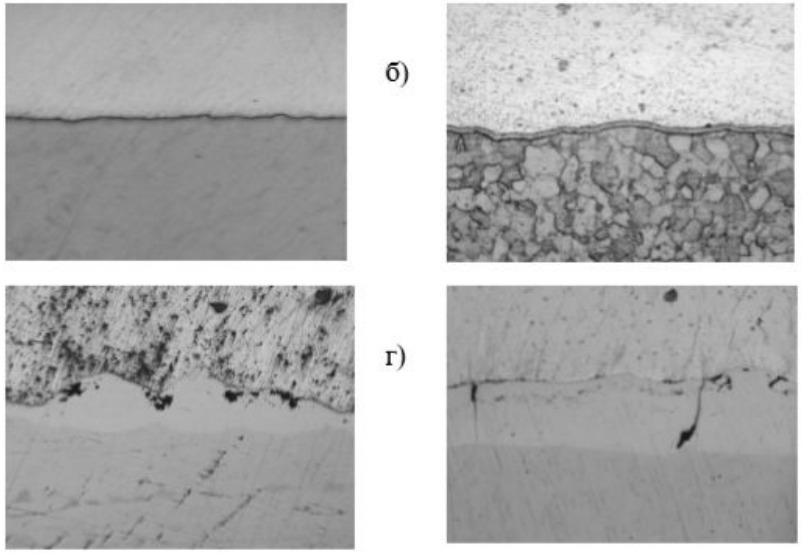
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А1

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

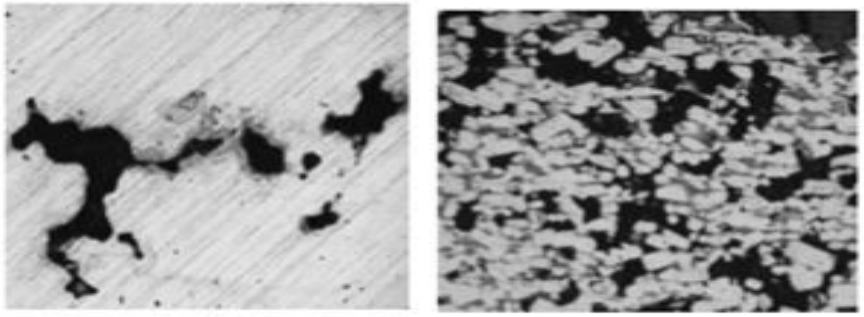
Твердофазная диффузия

а) б)



в) г)

Вид сплошной интерметаллидной прослойки на границе ВТ1-0-АД1 после отжига композита при 630 ℃: *а* – без ТО; *б* – 4 ч; *в* – 30 ч; *г* – 90 ч

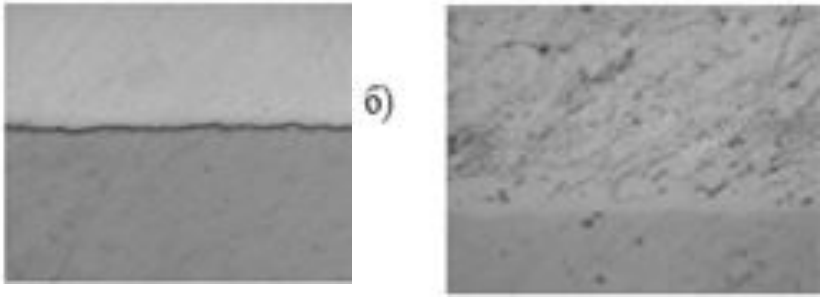


а) б)

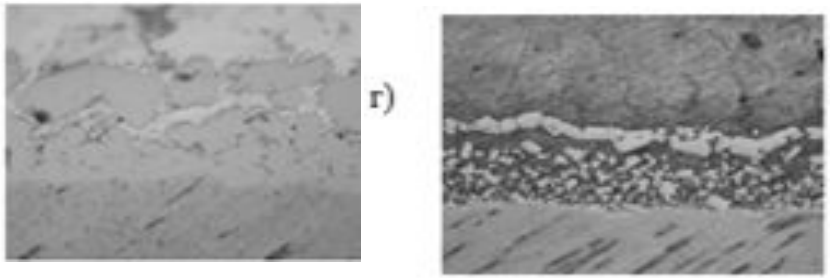
Микроструктура закристаллизовавшегося алюминиевого слоя без осадки: *а* – 750 °С , 5 часов х500, *б* – 750 °С , 18 часов х500

Диффузия в присутствии жидкой фазы

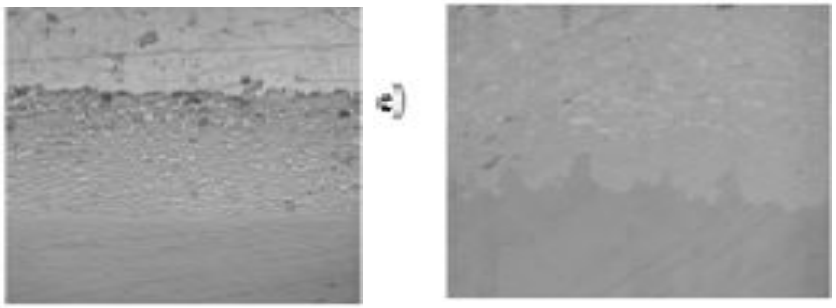
а) б)



в) г)



д) е)



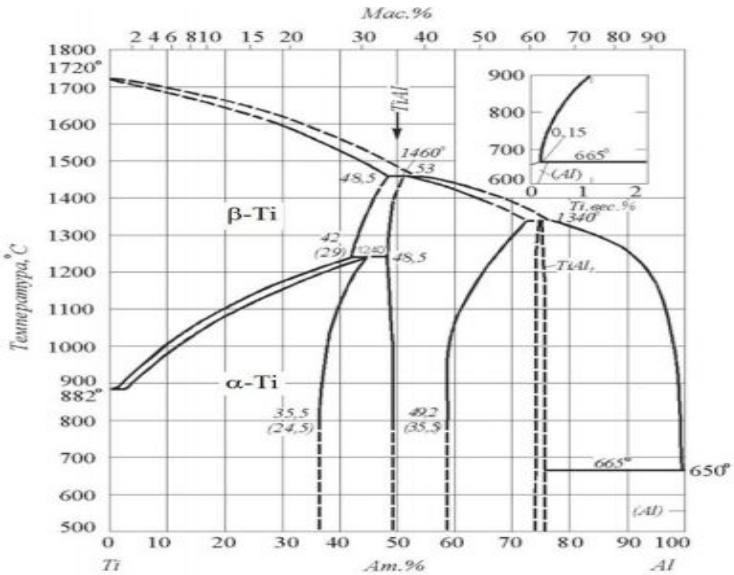
Вид сплошной интерметаллидной прослойки на границе ВТ1-0-АД1 после отжига композита при 750 °С: *а* – без ТО; *б* – 2 ч; *в* – 5ч; *г* – 8 ч; *д* – 14 ч; *е* – 18 ч

					ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Взаимодействие титана с расплавом алюминия	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Пумилова С. В.						
Пров.		Богданов А. И.				Лист	Листов	
Т.контр.								
Н.контр.		Трудов А. Ф.			ВолгГТУ МВ-431			
Утв.		Гуревич Л. М.						

Копировал Формат А1

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	-	-	-	-	≤0,35	≤0,1	≤0,3	≤0,05	≤0,01	Ост
ВТ1-0	-	0,07	0,04	0,12	0,01	-	-	0,18	-	Ост	-

СЭМ-изображение зоны соединения ВТ1-0-АД1 после СВ

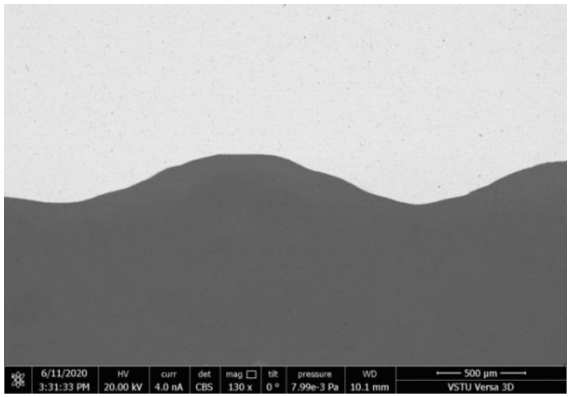
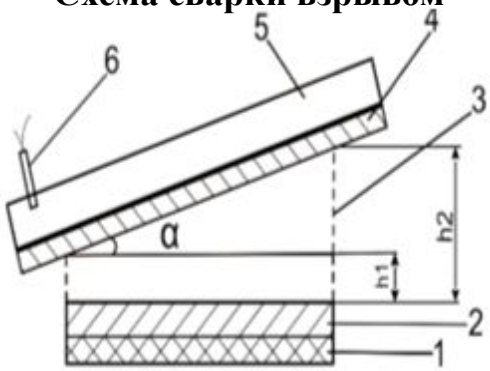


Схема сварки взрывом

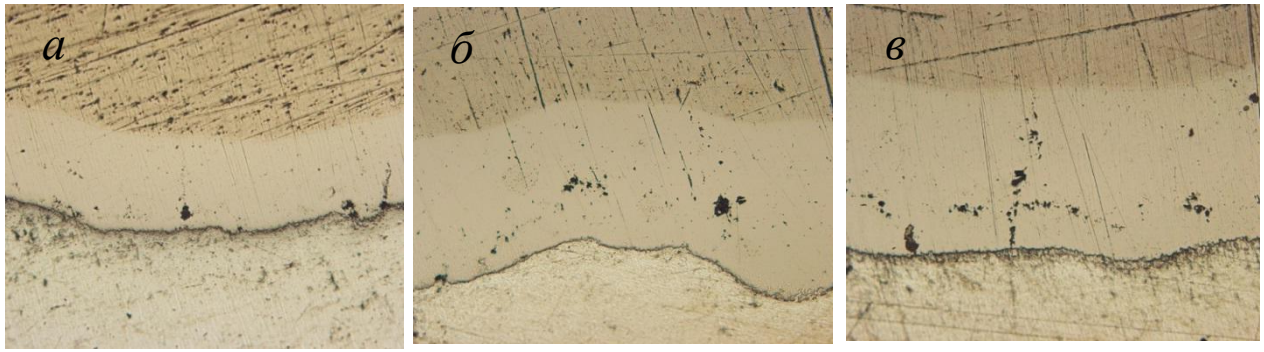


1 – основание (древесная плита); *2* – неподвижная пластина ВТ1-0; *3* – технологические зазоры; *4* – метаемая пластина АД1; *5* – заряд ВВ (50% аммонита №6ЖВ + 50% кварцевый песок, высота – 55 мм); *6* – электродетонатор

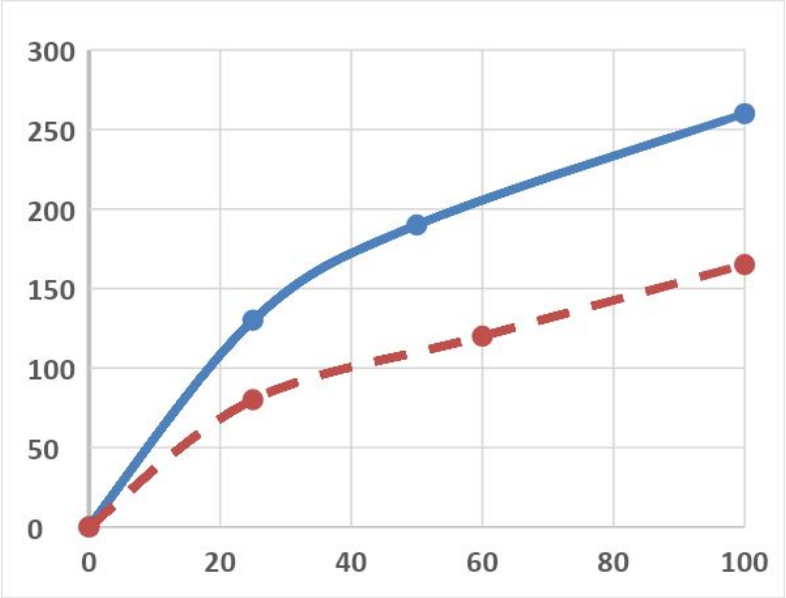
Методы исследования

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

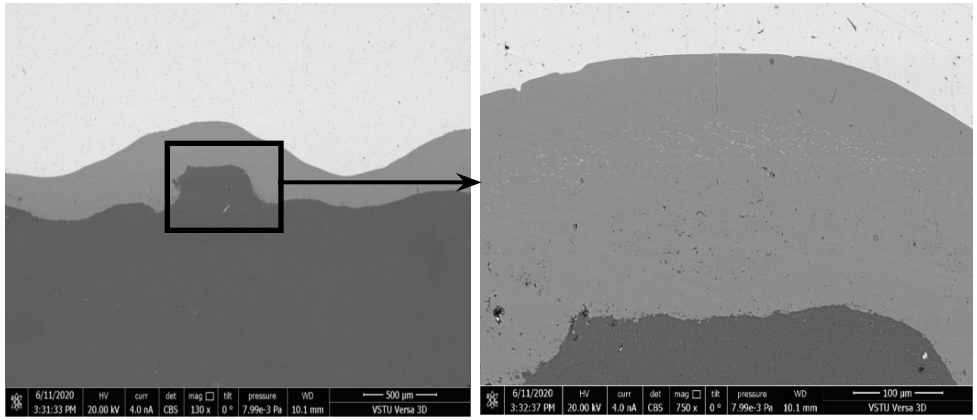
КИНЕТИКА РОСТА ДИФФУЗИОННОЙ ПРОСЛОЙКИ НА МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЕ ВТ1-0+АД1



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*)



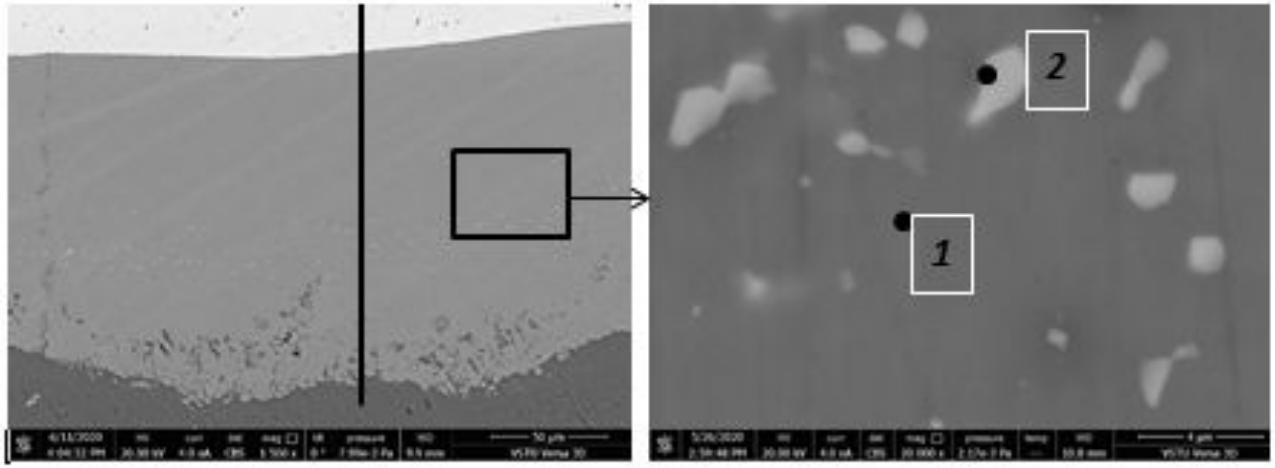
Микроструктура ДЗ в КМ ВТ1-0-АД1 после ТО 650 °С , 100 ч с различным увеличением

					ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Металлографические исследования	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Пумилова С. В.						
Пров.		Богданов А. И.						
Т.контр.						Лист	Листов	
Н.контр.		Трудов А. Ф.				ВолгГТУ МВ-431		
Утв.		Гурсевич Л. М.						

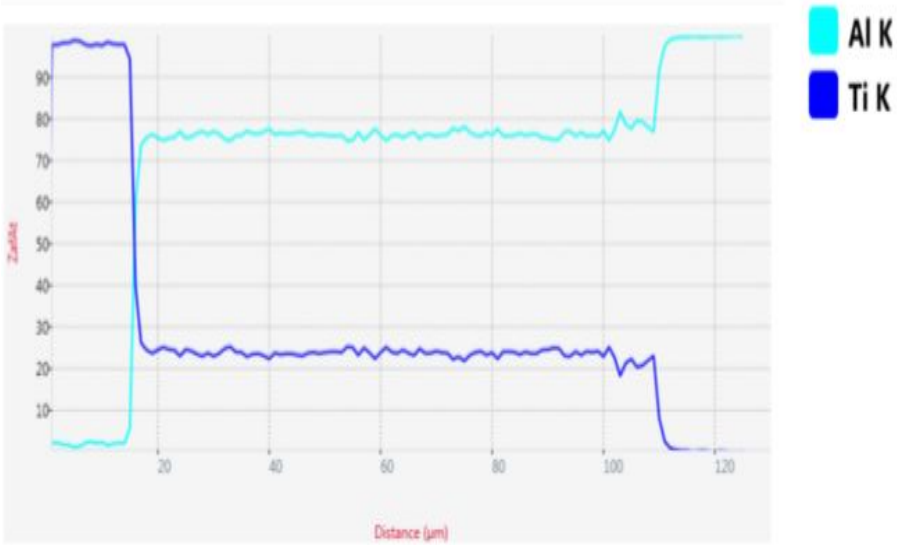
Копировал Формат А1

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



Результаты точеного ЭДС анализа состава ДЗ

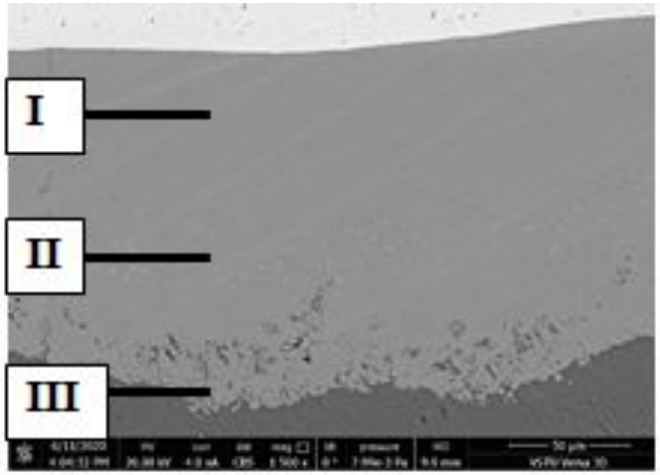
Точка анализа	Содержание элемента, ат. %			Предполагаемая Фаза
	Al	Ti	Fe	
1	75,64	24,36	-	$TiAl_3$
2	74.7	9.96	15.34	$Al_3Ti_{0.75}Fe_{0.25}$

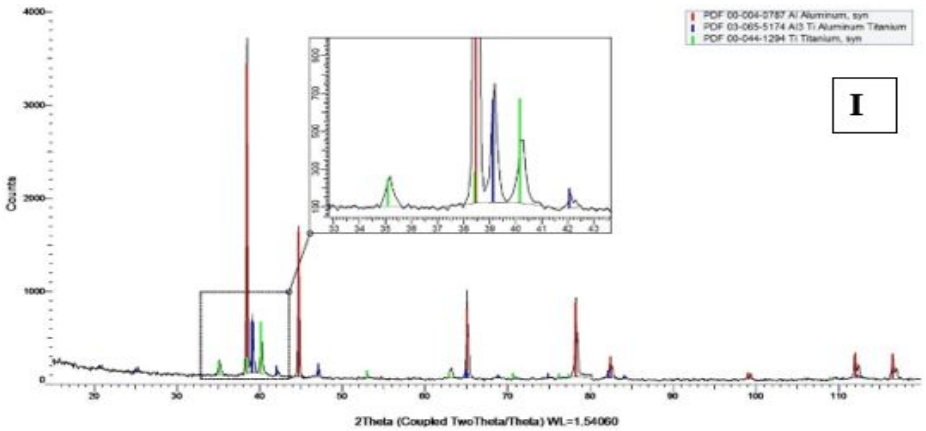
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20	
Разраб.	Шумилов С. В.			Рентгеноструктурные исследования	Лит. / Масса / Масштаб
Пров.	Богданов А. И.				
Т.контр.					Лист / Листов
Н.контр.	Трудов А. Ф.				ВолгГТУ МВ-431
Утв.	Гурович Л. М.				

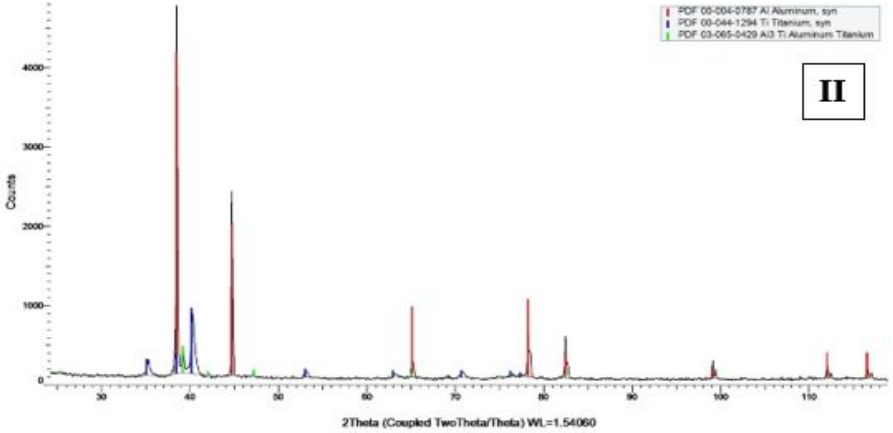
Копировал Формат А1

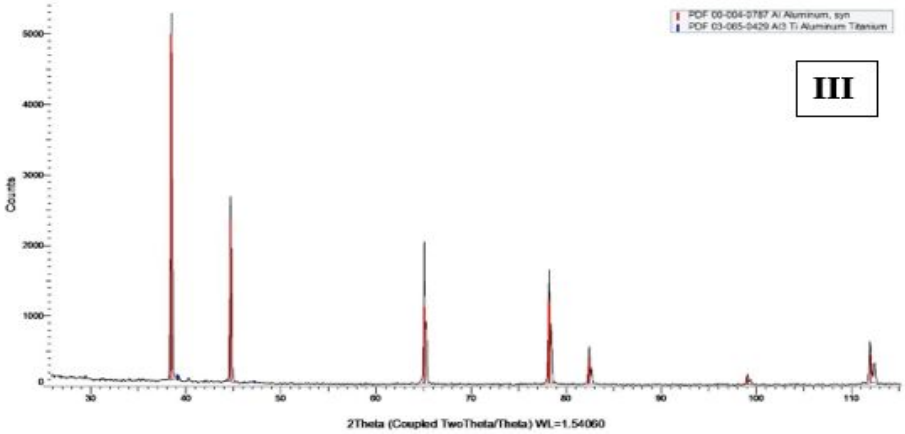
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ДИФФУЗИОННОЙ ПРОСЛОЙКИ НА МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЕ ВТ1-0+АД1

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









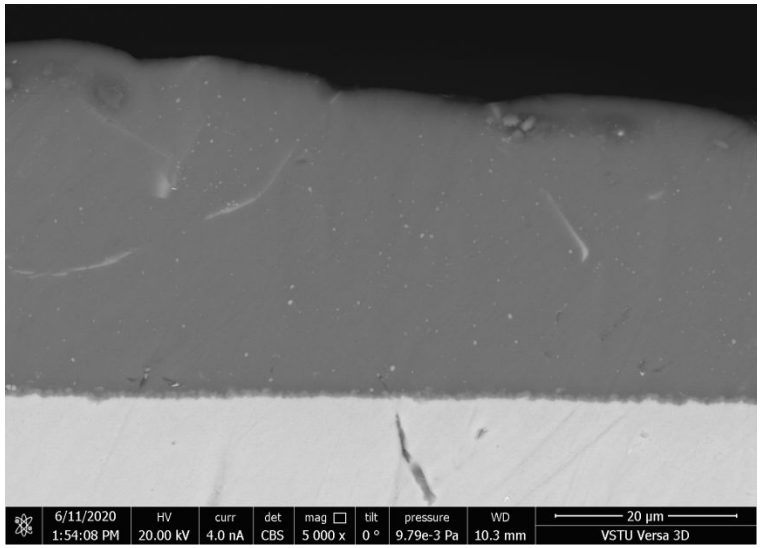
					ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Рентгеноструктурные исследования	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шумилова С. В.						
Пров.		Богданов А. И.						
Т.контр.						Лист	Листов	
Н.контр.		Трудов А. Ф.				ВолгГТУ МВ-431		
Утв.		Гуревич Л. М.						

Копировал Формат А1

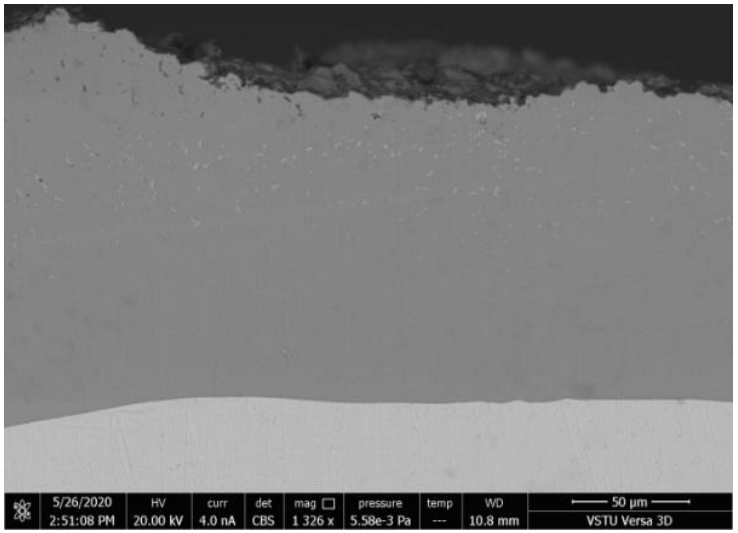
ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Al-Ti НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА

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)

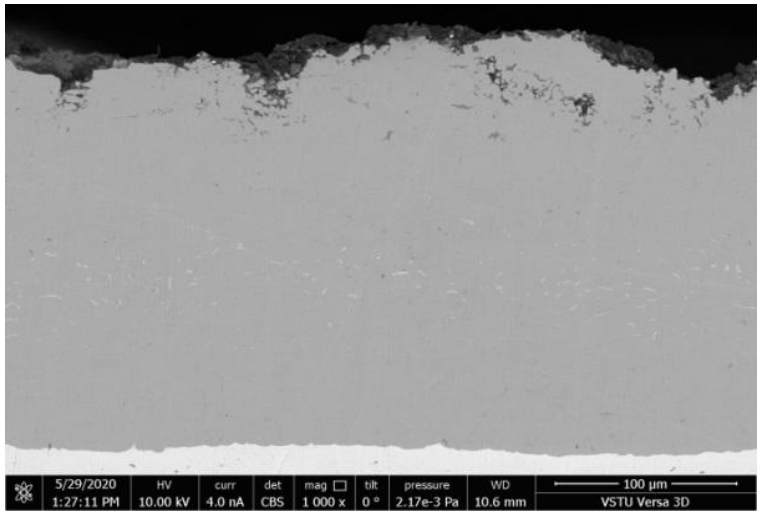
Толщина покрытия 50 мкм



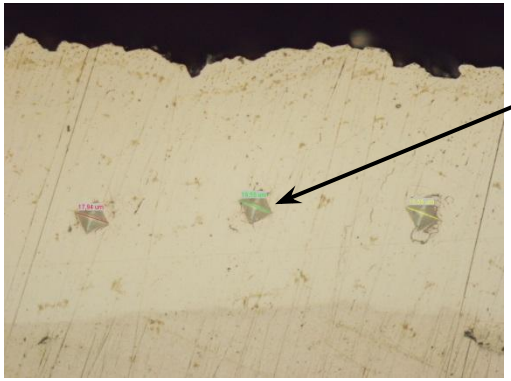
Толщина покрытия 120 мкм



Толщина покрытия 210 мкм



Микротвердость покрытия 5,3 – 5,5 ГПа



					ВКР-40461806-22.03.01-1.24-20			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Рентгеноструктурные исследования	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шумилова С. В.						
Пров.		Богданов А. И.				Лист	Листов	
Т.контр.								
Н.контр.		Трудов А. Ф.				ВолгГТУ МВ-431		
Утв.		Гуревич Л. М.						

Копировал Формат А1