



«Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана»  
Факультет «Специальное машиностроение»  
Кафедра «Ракетно-космические композитные конструкции» (СМ13)



### **Лабораторная работа №3**

по курсу «Основы физико-химии и технологии композитов»

на тему:

«Волокна большого диаметра. Анализ фазового состава,  
макро- и микроструктуры полуфабрикатов и готовых изделий из В-А1»

#### **Преподаватель:**

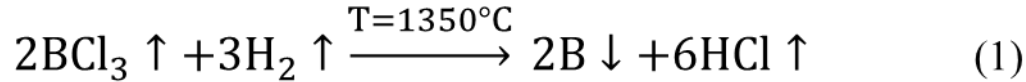
д-р техн. наук, проф. Семенов Б.И.

#### **Техническое оформление презентации:**

аспирант каф. СМ13 Куцбах А.А.

# Производство борного волокна

Реакция осаждения бора на нагретую вольфрамовую проволоку:



Диаметр борного волокна составляет **100..150 мкм**

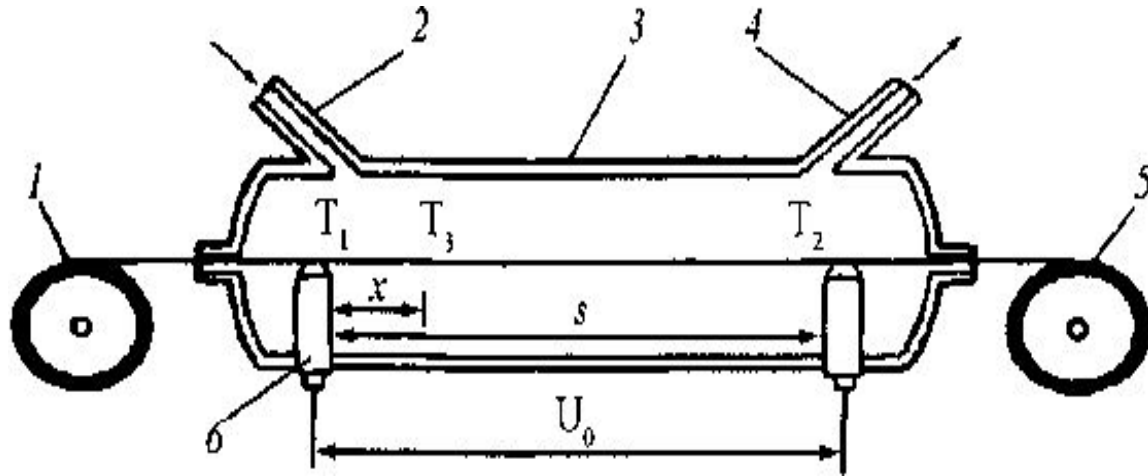


Рис. 1. - Схема реактора для получения борного волокна:

1 – подающий барабан; 2 – штуцер для подачи газовой смеси; 3 – камера осаждения; 4 – штуцер для удаления газов; 5 – приемный намоточный барабан; 6 – электрод;  $U_0$  – потенциал, необходимый для нагревания нити;  $s$  – расстояние между электродами

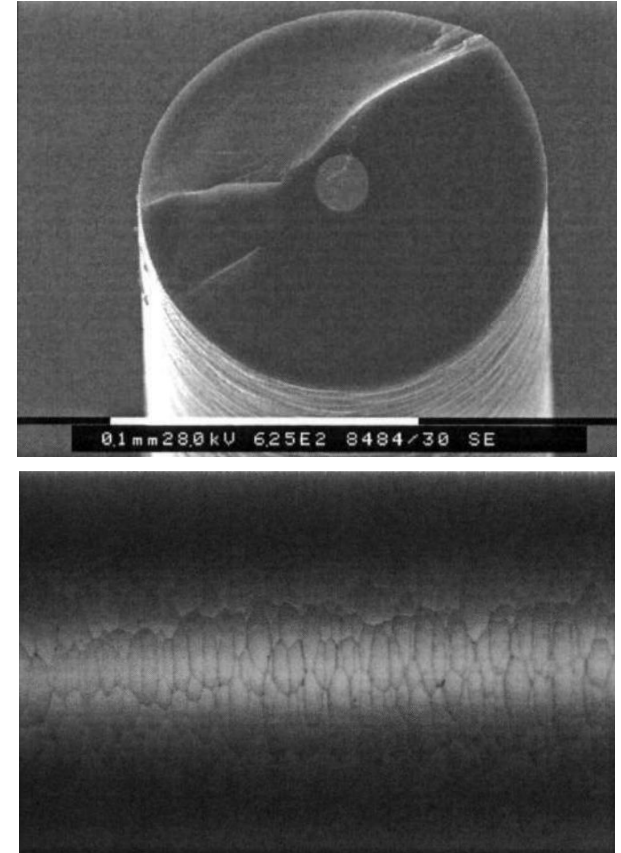
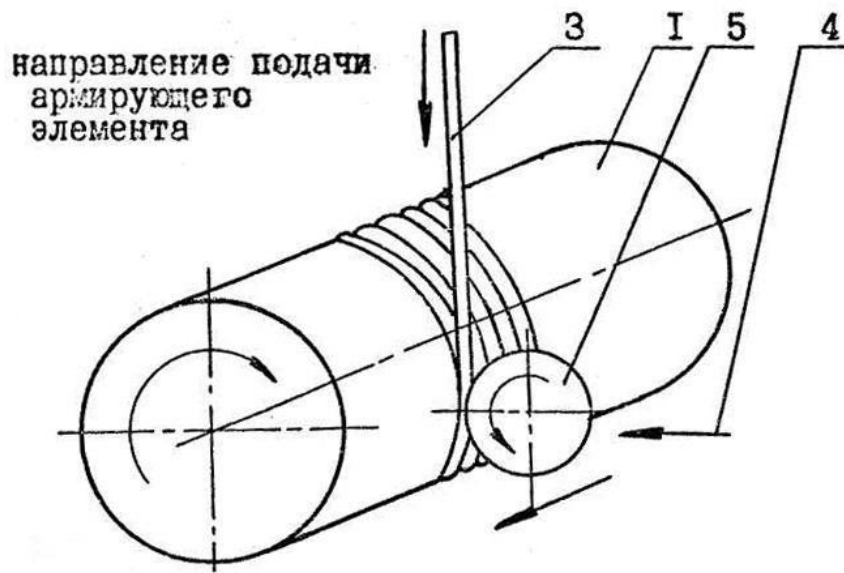
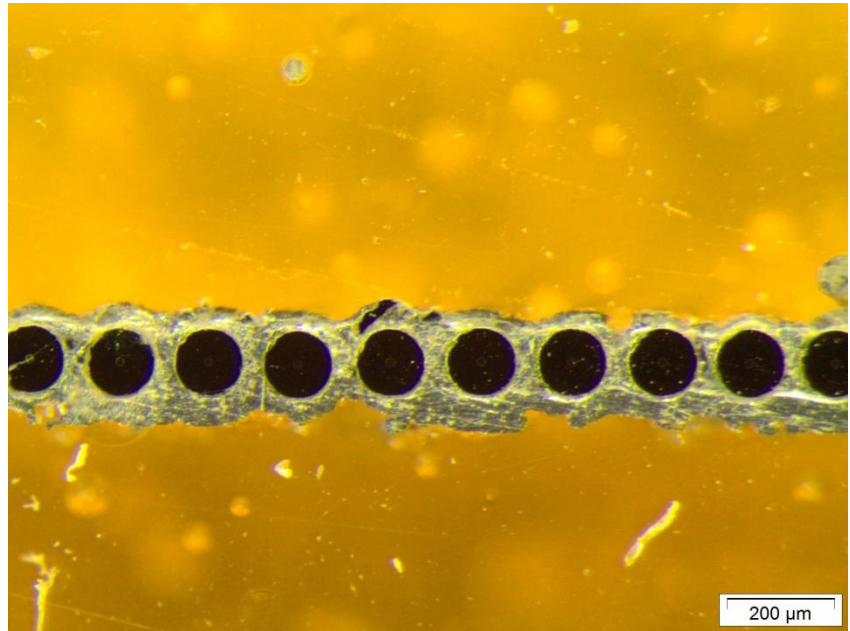


Рис. 2. - SEM-изображение поперечного сечения борного волокна (сверху), изображение поверхности борного волокна (ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС»)

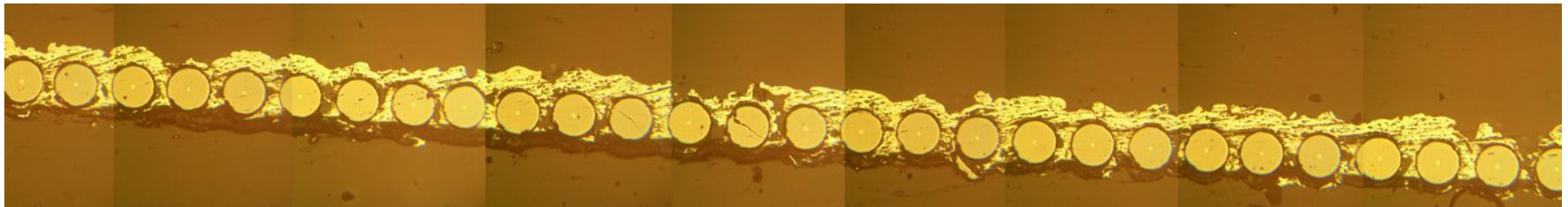
# Производство В-А1 шпона



а)



б)



в)

Рис. 3. - Производство В-А1 шпона: а) схема укладки борного волокна на барабан: 1 – большой барабан; 2 – борное волокно; 3 – прижимной валик; 4 – подачи прижимного валика; б), в) бороалюминиевый полуфабрикат (шпон), изготовленный напылением капель жидкого металла



# Производство пакетной заготовки из В-А1 шпона

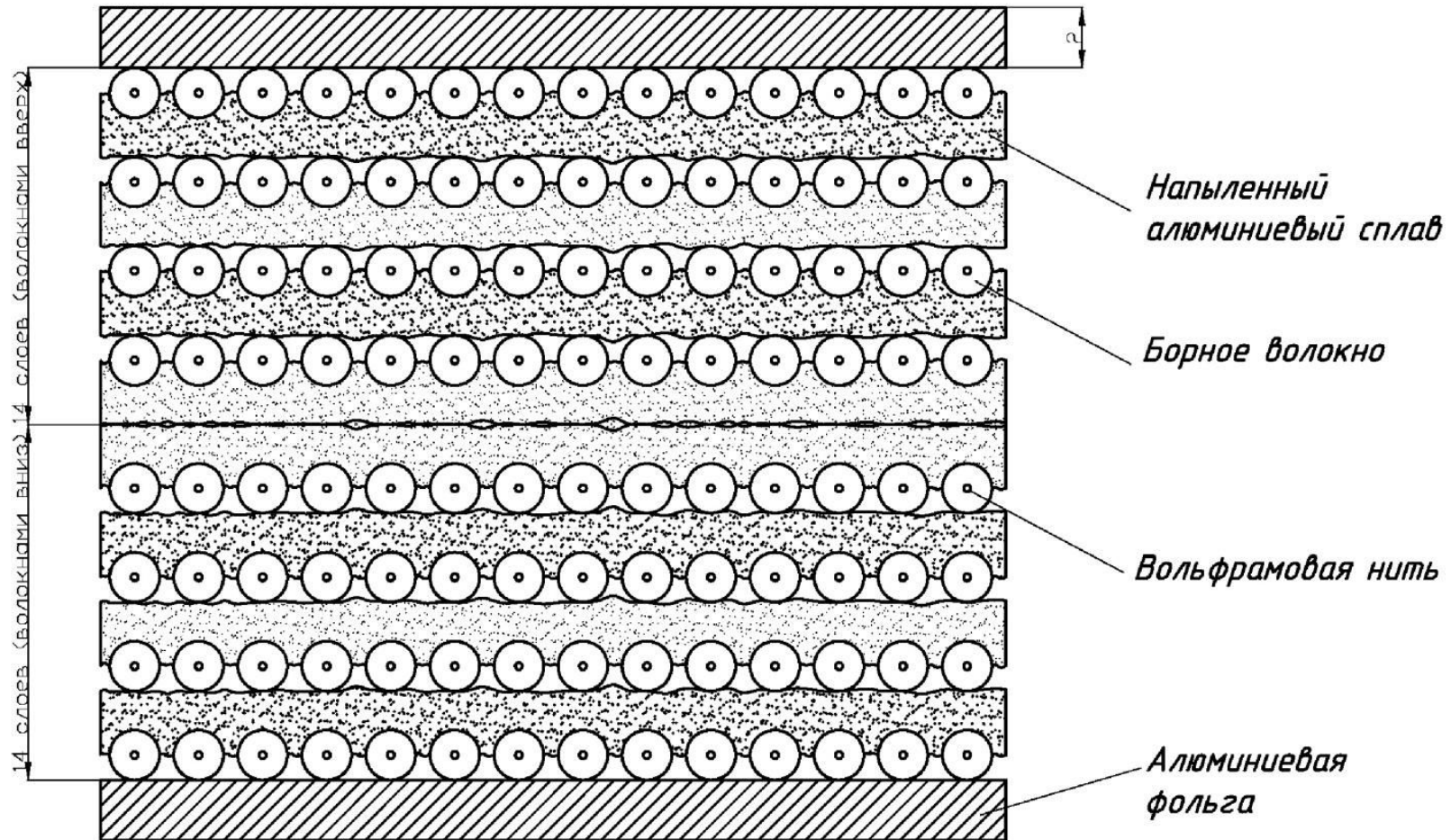
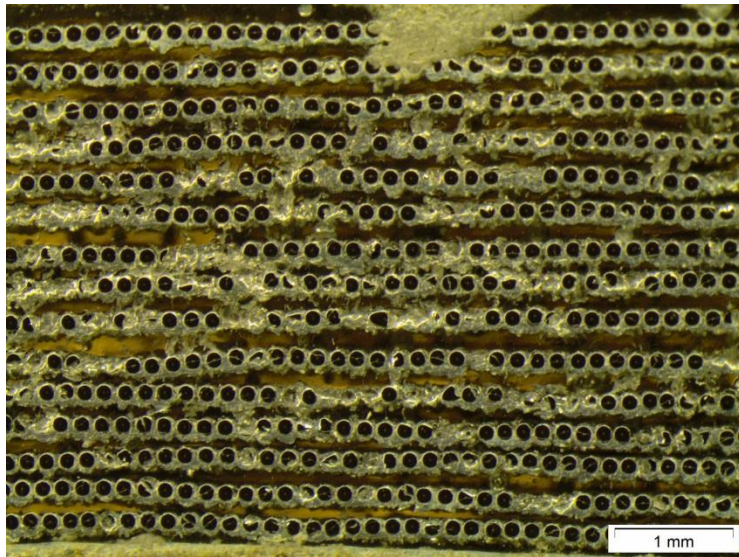


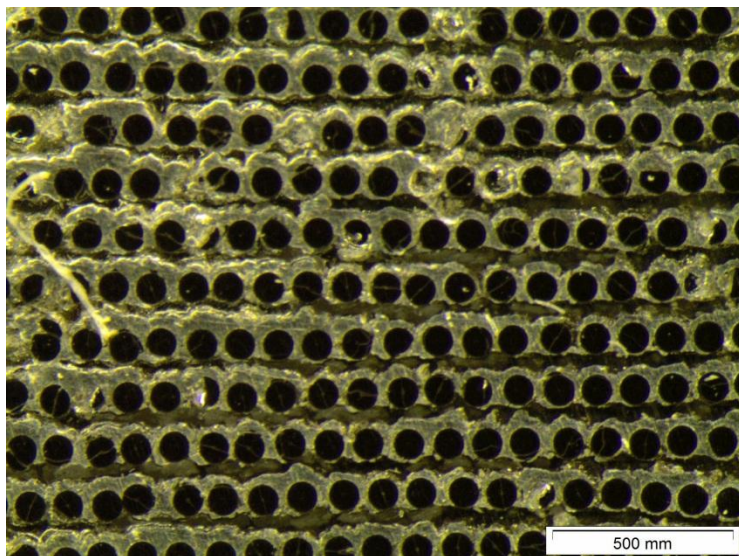
Рис. 4. - Схема сборки многослойной пакетной заготовки КМ на основе В-А1 шпона



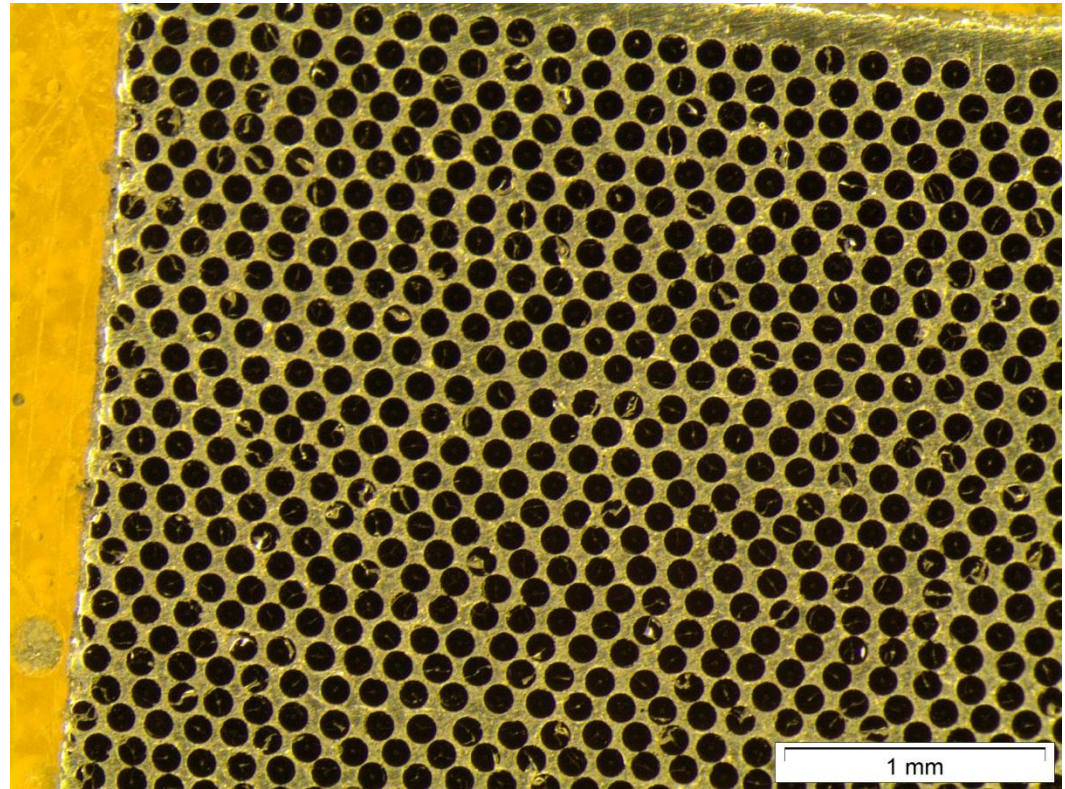
# Производство пакетной заготовки из В-А1 шпона



а)



б)

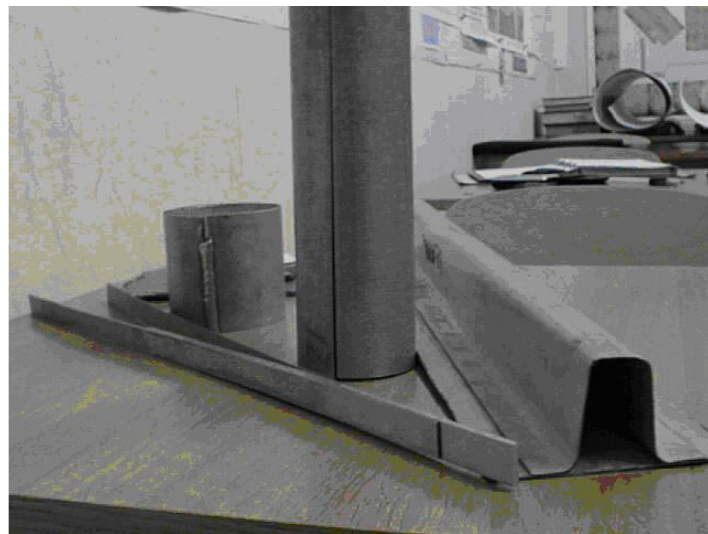


в)

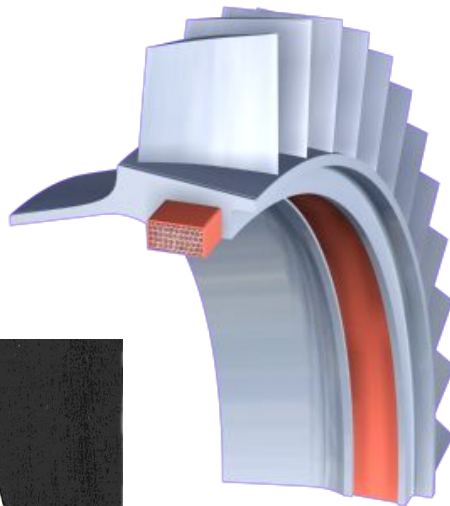
Рис. 5. - Структуры многослойной пакетной заготовки КМ на основе В-А1 шпона при различной степени прессования:  
а) заготовка пакета в свободном состоянии; б) не до конца запрессованная пакетная заготовка;  
в) пакетная заготовка в готовом виде



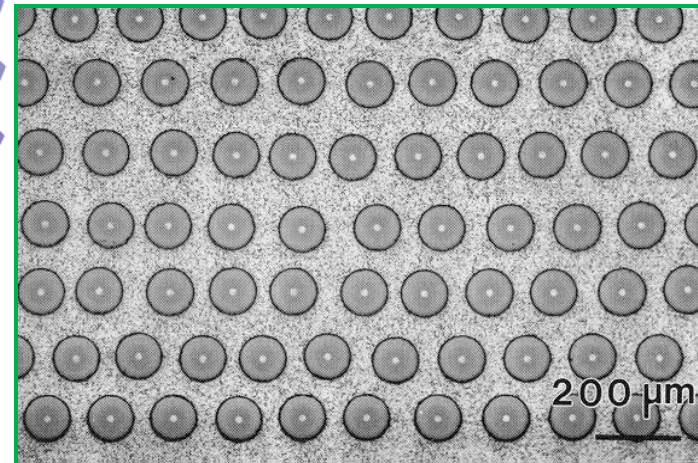
# Применение В-А1 шпона и пакетных заготовок в изделиях различного назначения



а)



б)



в)

Рис. 6. - Примеры композитов с борным волокном:

а) листовые и профильные изделия; б) кольцевые элементы, армированные борным волокном;  
в) диск компрессора типа «Bling» (Rolls-Royce) с композитной вставкой на основе борного волокна

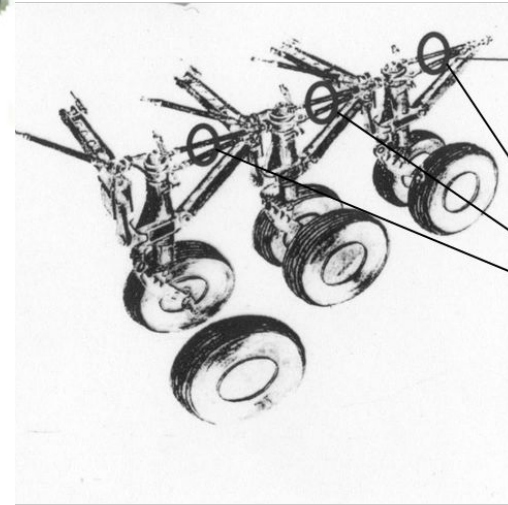
# Применение В-АI шпона и пакетных заготовок в изделиях различного назначения



а)



б)



в)



Рис. 7. – Примеры композитов с борным волокном:

а) цилиндр стойки шасси ОК «Буран», б) сварные балки самолёта Ан-70 из боралюминиевых панелей, в) рубчатые раскосы из боралюминия в конструкции шасси самолёта «Руслан», Ан-70



# Применение В-А1 шпона и пакетных заготовок в изделиях различного назначения

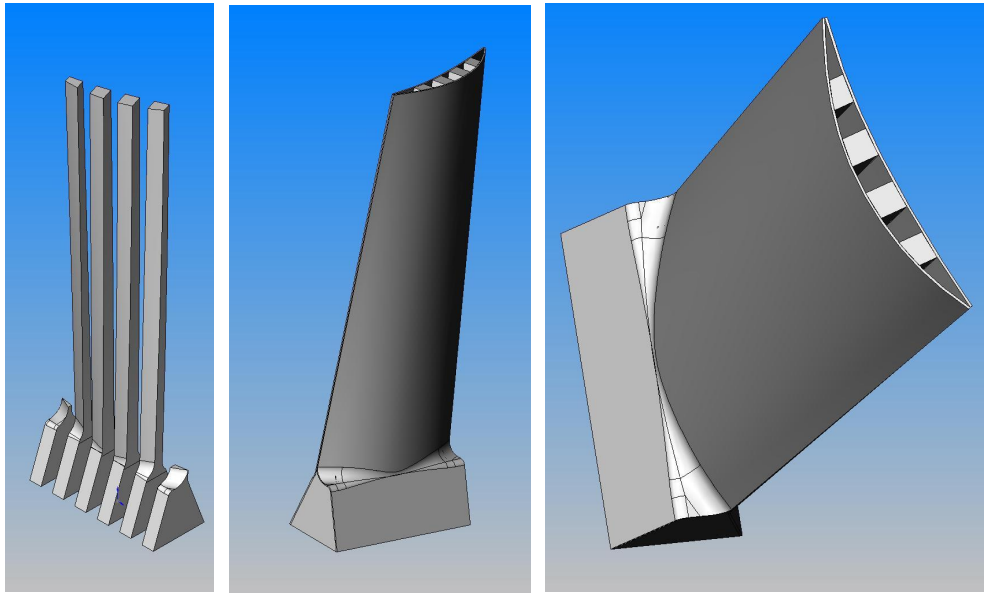


Рис. 8. - Геометрическая модель широкохордной полой лопатки с несущими стержнями из композиционных материалов (В-А1) (ГНЦ ФГУП «ВИАМ», ГНЦ ФГУП «ЦИАМ»)

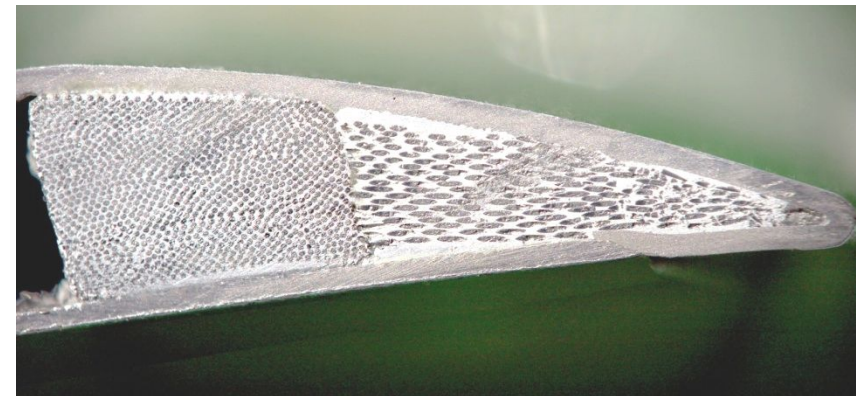
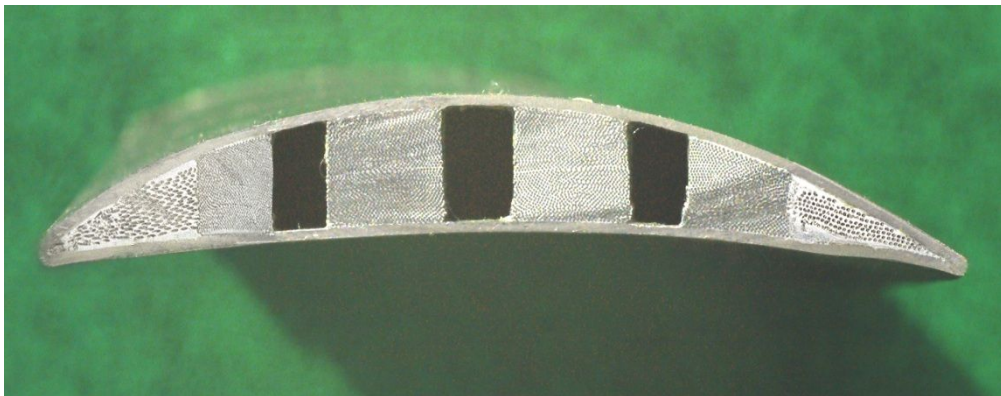


Рис. 9. - Формирование кромки пера лопатки с применением боралюминиевых стержней с поперечным армированием (ГНЦ ФГУП «ВИАМ», ГНЦ ФГУП «ЦИАМ»)



# Производство изделия сложной пространственной конфигурации из В-А1 шпона

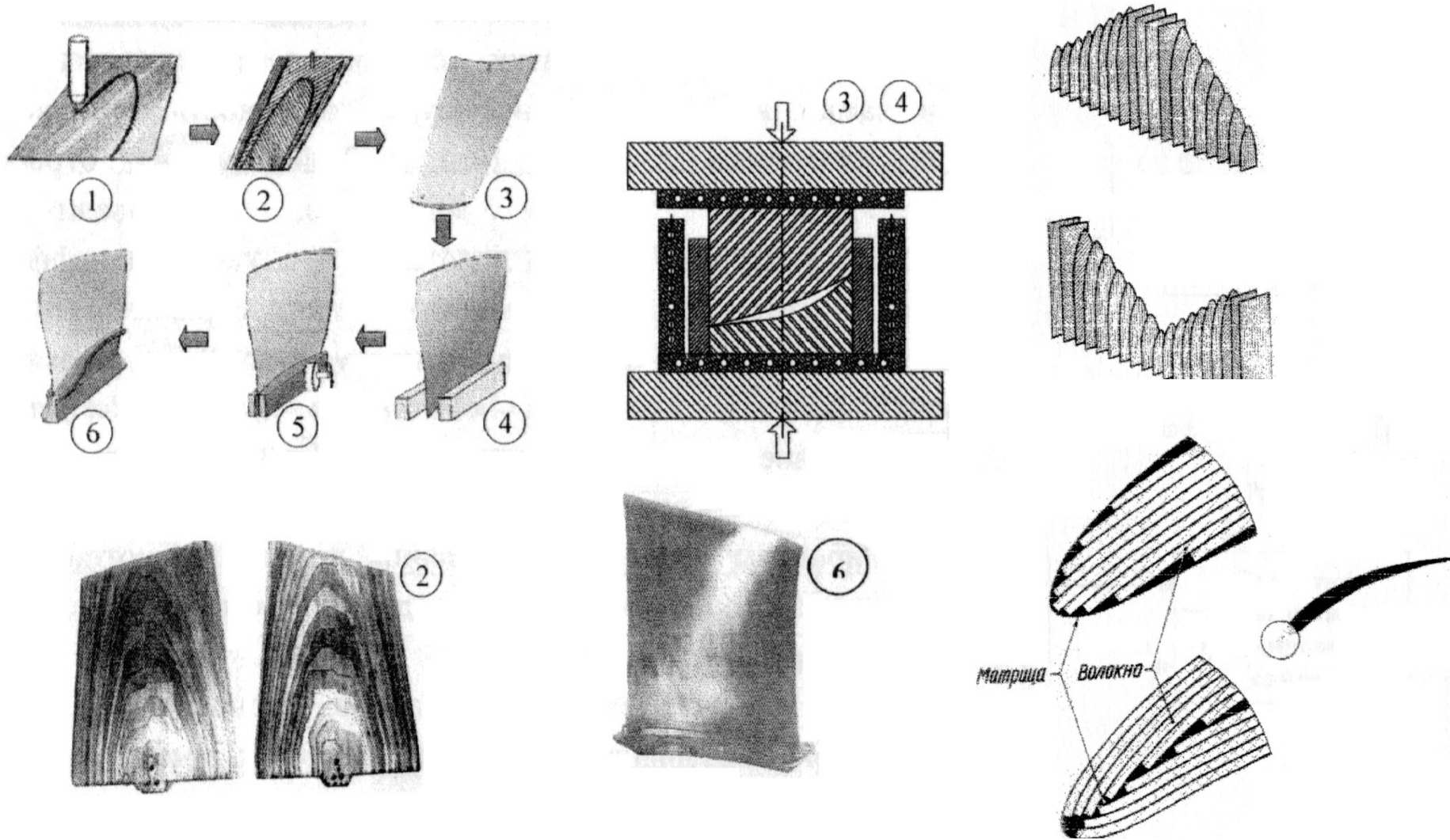
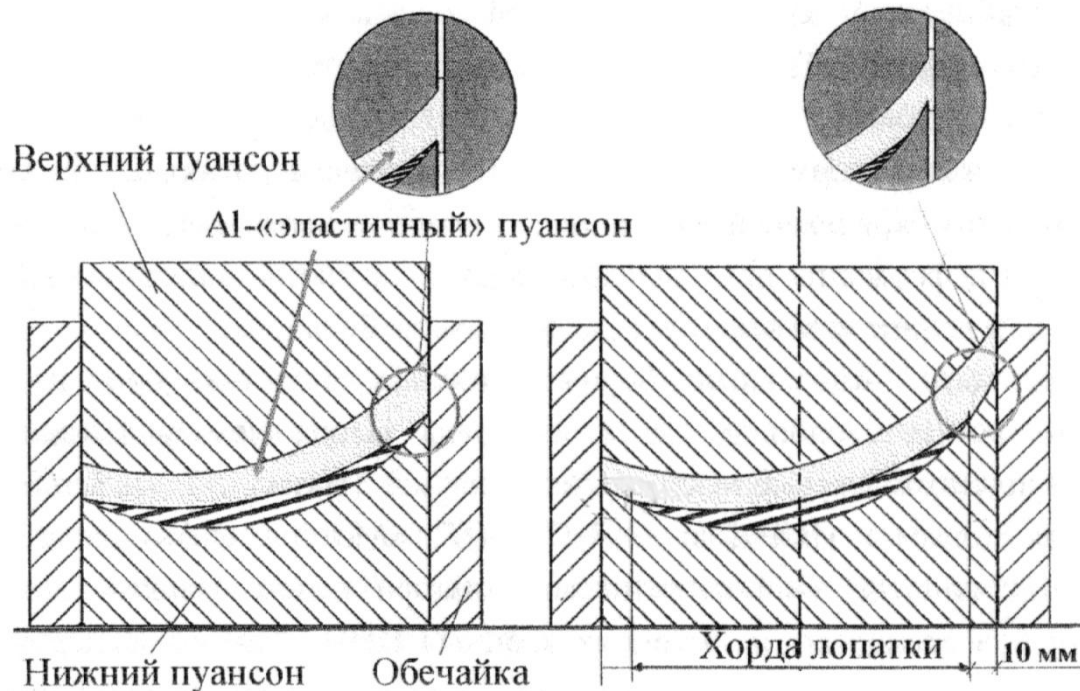
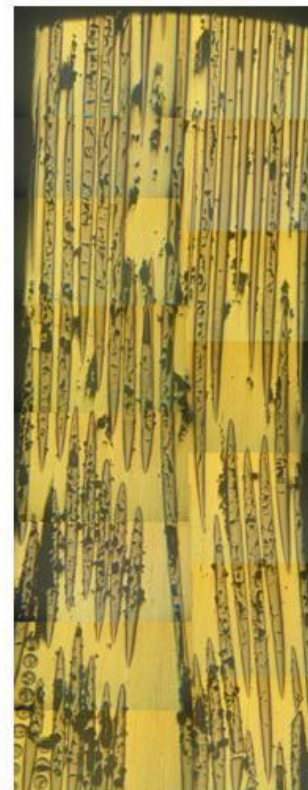


Рис. 10. - Схема сборки пакетной заготовки и горячее прессование при изготовлении турбинной лопатки

# Производство изделия сложной пространственной конфигурации из В-А1 шпона



а)



б)

Рис. 11. - Изготовлении турбинной лопатки: а) схемы укладки неуплотненного пакета в матрицу с эластичным пуансоном; б) изображение микроструктуры лопатки из боралюминия (перо и снование)



# Производство изделия сложной пространственной конфигурации из В-А1 шпона

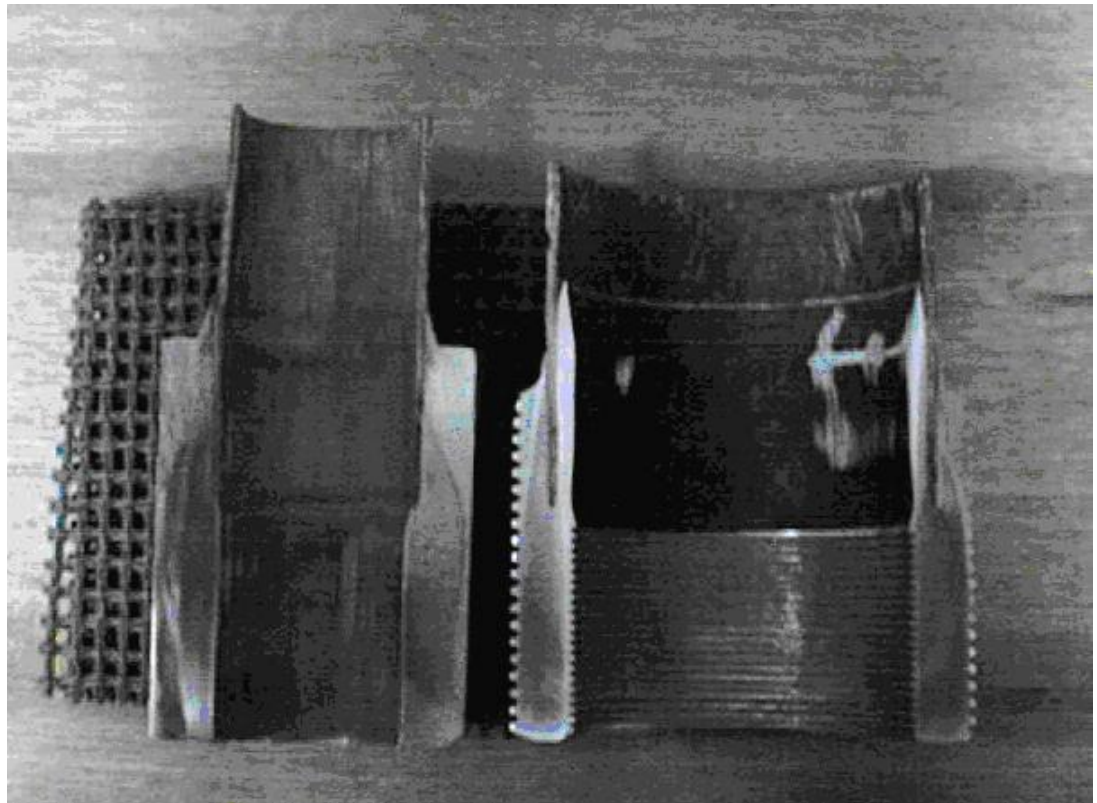
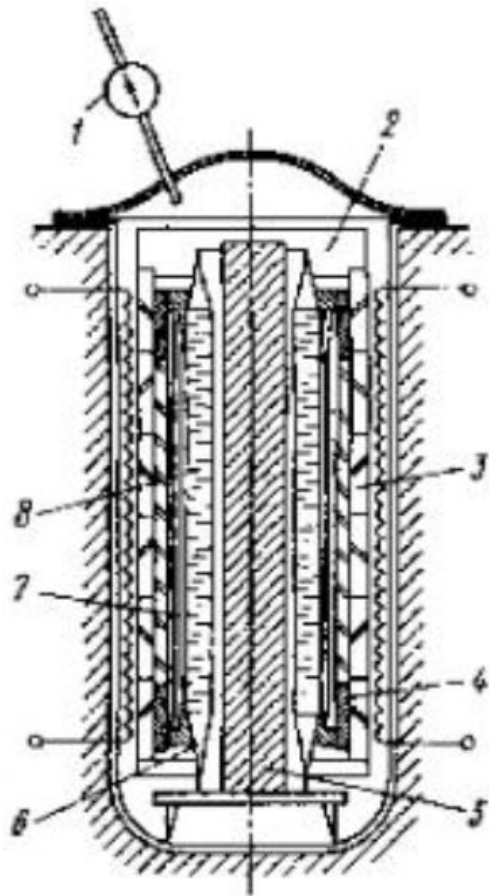


Рис. 12. а) схема паростата: 1 – вакуумный насос;  
2 – вакуумная печь; 3 – кольцевые обоймы; 4 – законцовка трубчатой балки; 5 – оправка; 6 – формирующая замкнутая оболочка; 7 – бороалюминиевый полуфабрикат; 8 – цулаги;  
б) трубчатые элементы с законцовками