«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 B-Al»

Преподаватель:
д-р техн. наук, проф. Семенов Б.И.
Техническое оформление презентации:
аспирант каф. СМ13 Куцбах А.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2019 г.

Производство борного волокна

Реакция осаждения бора на нагретую вольфрамовую проволоку:

$$2BCl_3 \uparrow +3H_2 \uparrow \xrightarrow{T=1350^\circ C} 2B \downarrow +6HCl \uparrow \qquad (1)$$

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

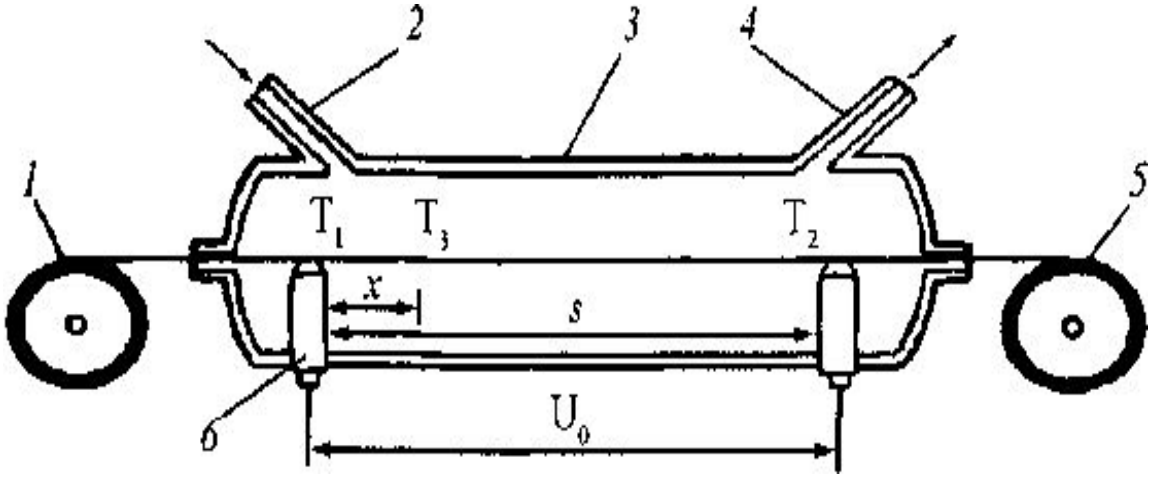


Рис. 1. - Схема реактора для получения борного волокна: 1 – подающий барабан; 2 – штуцер для подачи газовой смеси; 3 – камера осаждения; 4 – штуцер для удаления газов; 5 – приемный намоточный барабан; 6 – электрод; U0 – потенциал, необходимый для нагревания нити; s – расстояние между электродами

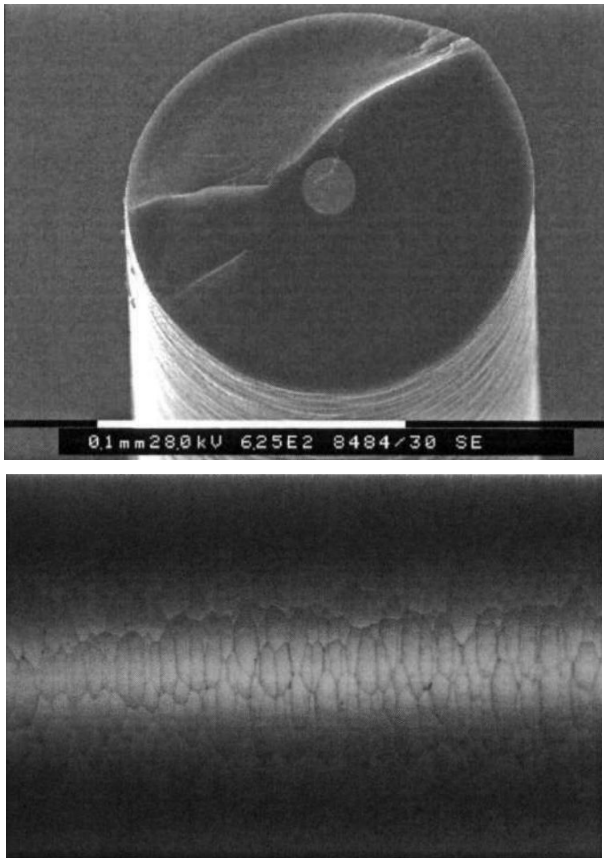
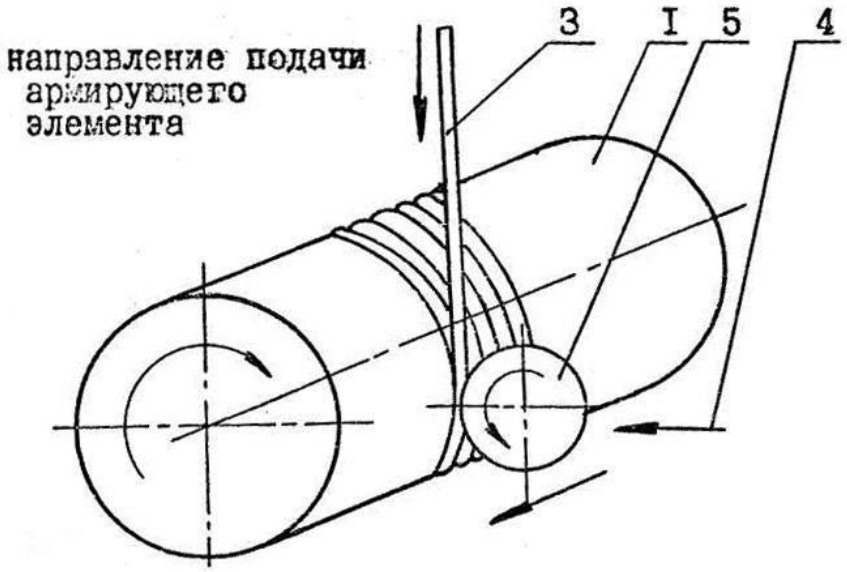
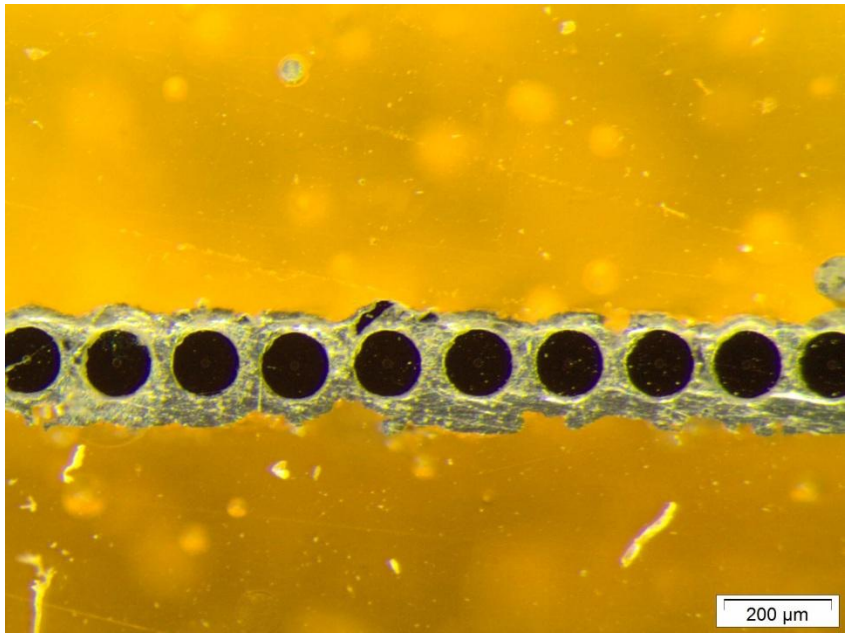


Рис. 2. - SEM-изображение поперечного сечения борного волокна (сверху), изображение поверхности борного волокна (ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС»)

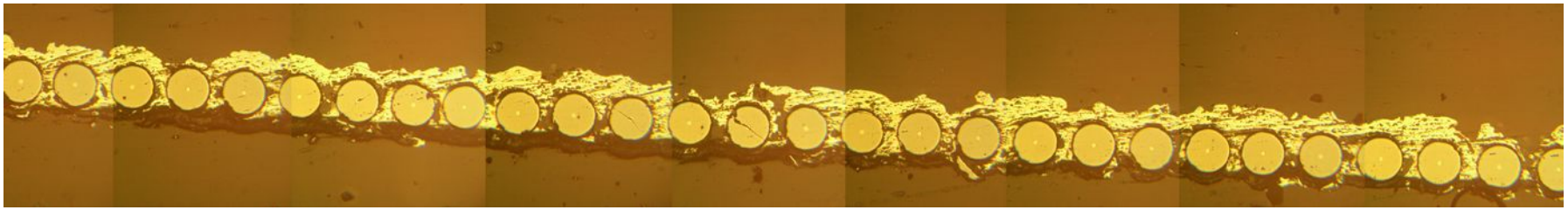
Производство B-Al шпона



а)



б)



в)

Рис. 3. - Производство B-Al 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 B-Al шпона

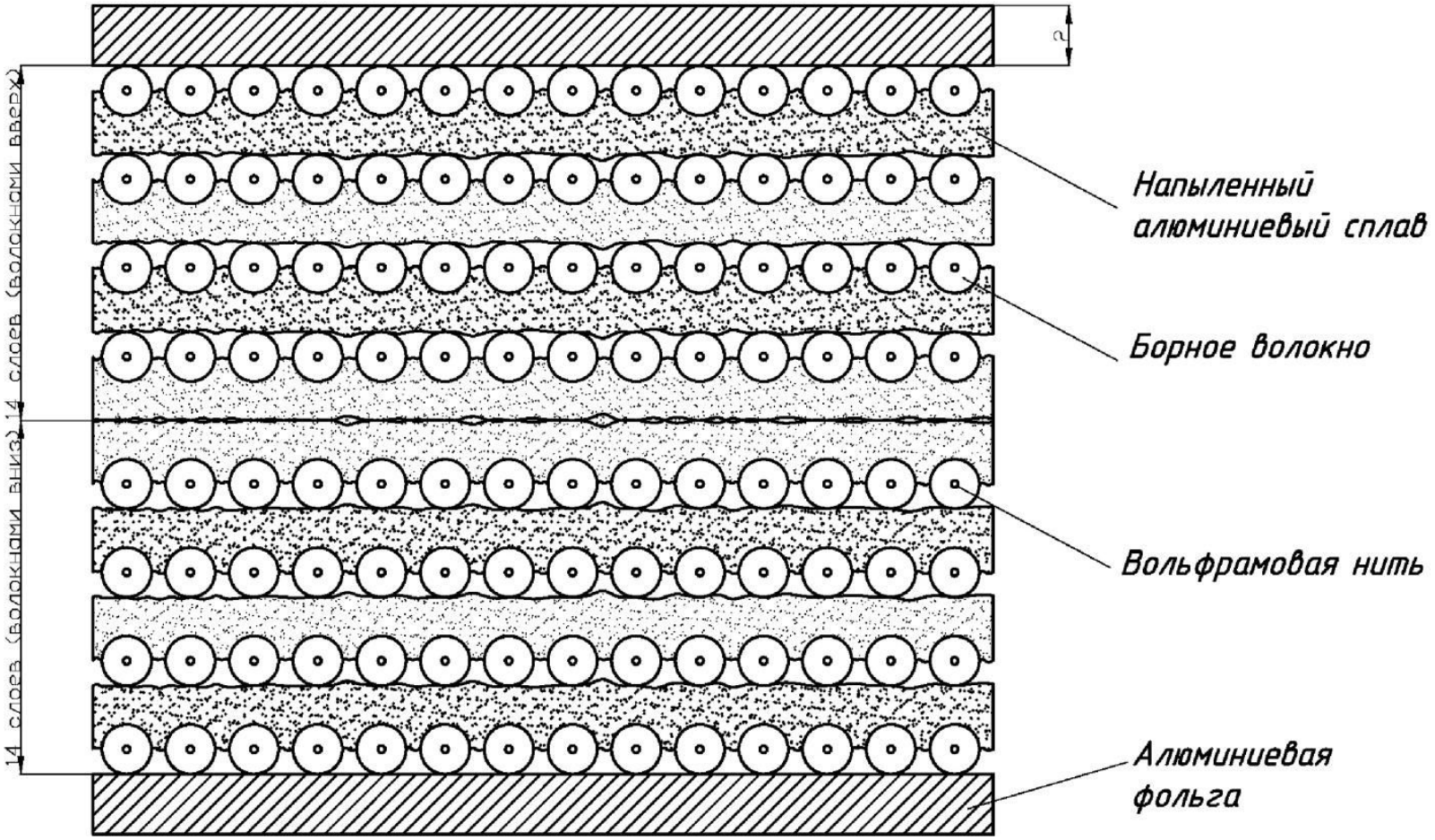
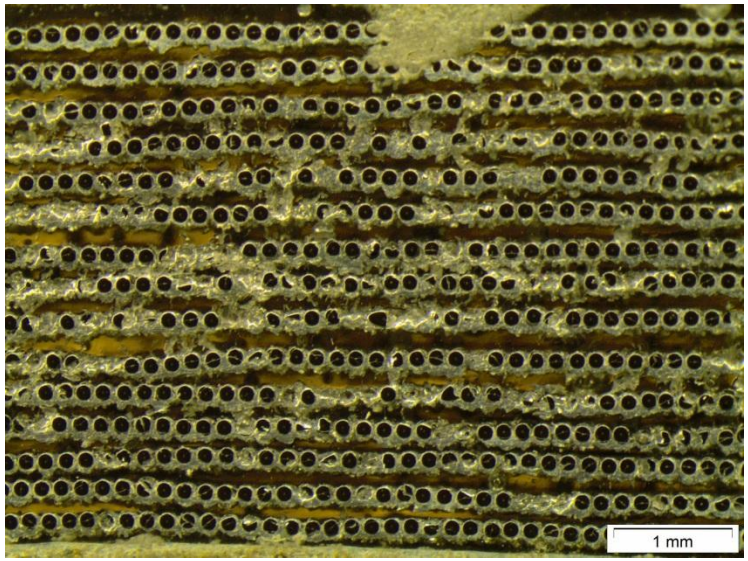
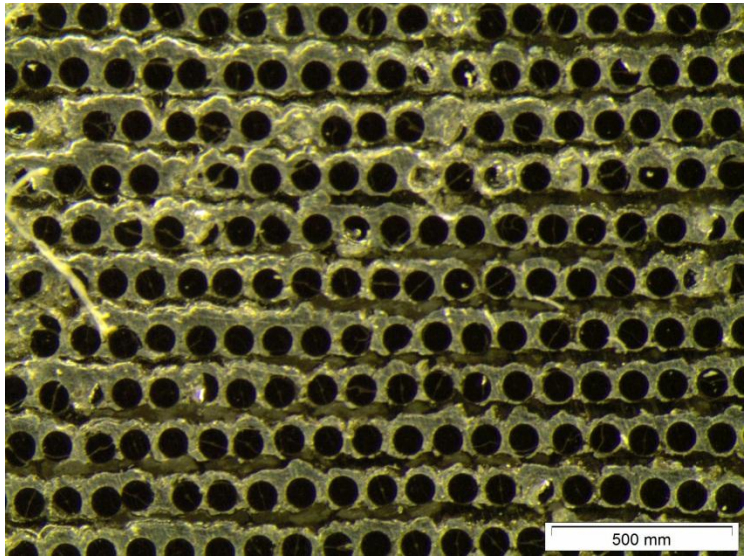


Рис. 4. - Схема сборки многослойной пакетной заготовки КМ на основе B-Al шпона

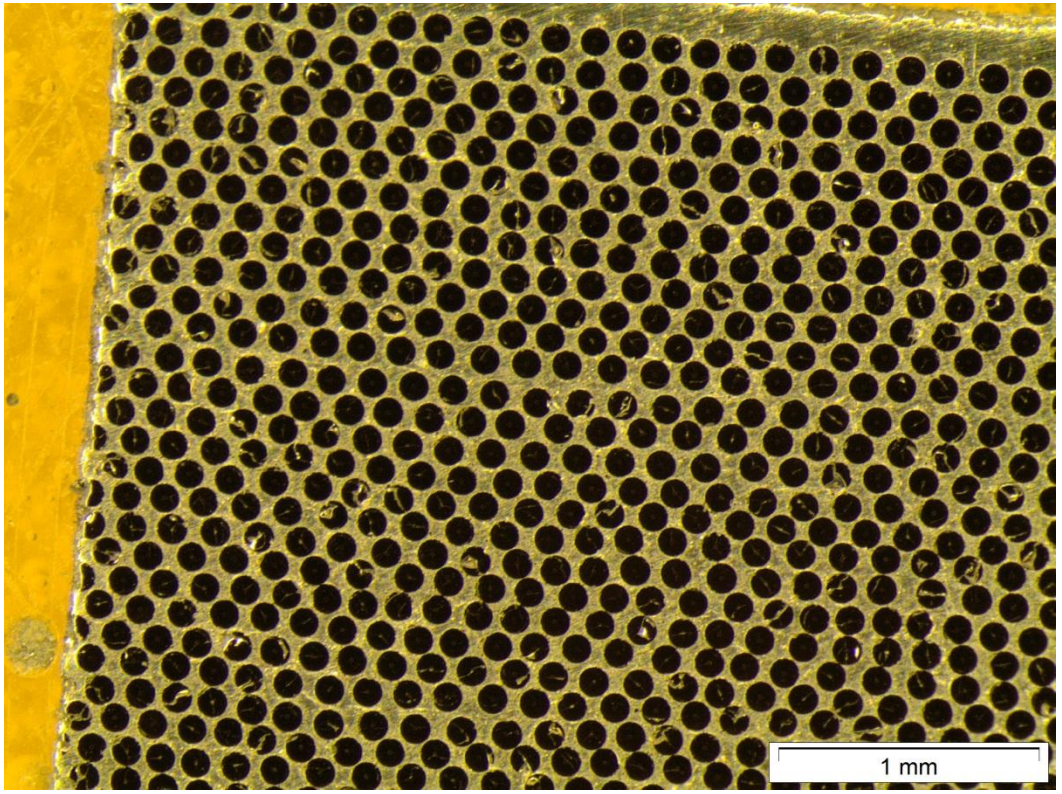
Производство пакетной заготовки из B-Al шпона



а)



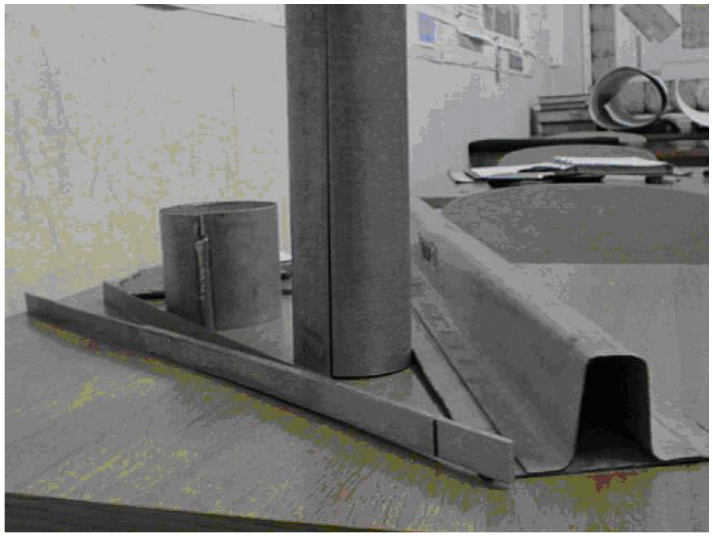
б)



в)

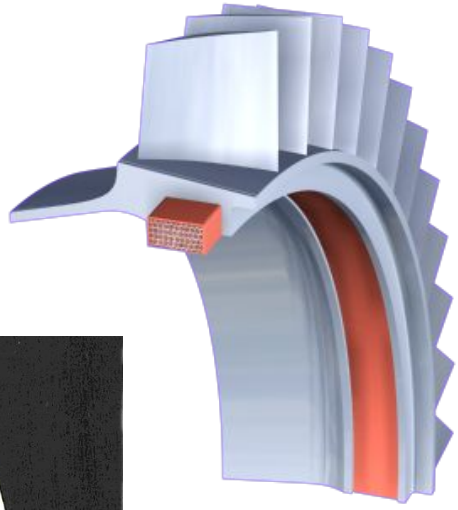
Рис. 5. - Структуры многослойной пакетной заготовки КМ на основе B-Al шпона при различной степени прессования: а) заготовка пакета в свободном состоянии; б) не до конца запрессованная пакетная заготовка; в) пакетная заготовка в готовом виде

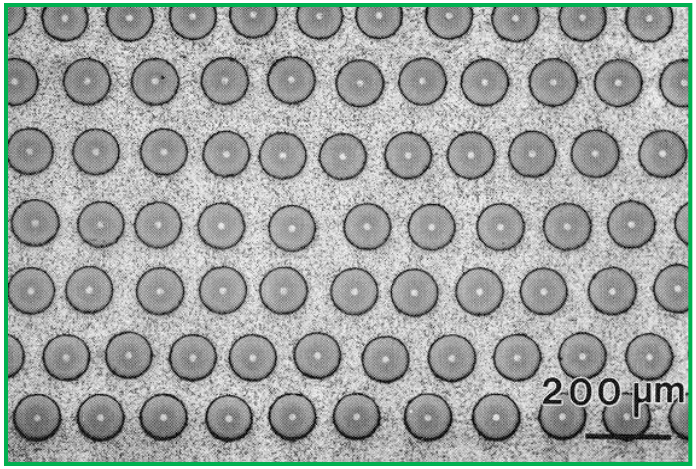
Применение B-Al шпона и пакетных заготовок в изделиях различного назначения



а)

б)





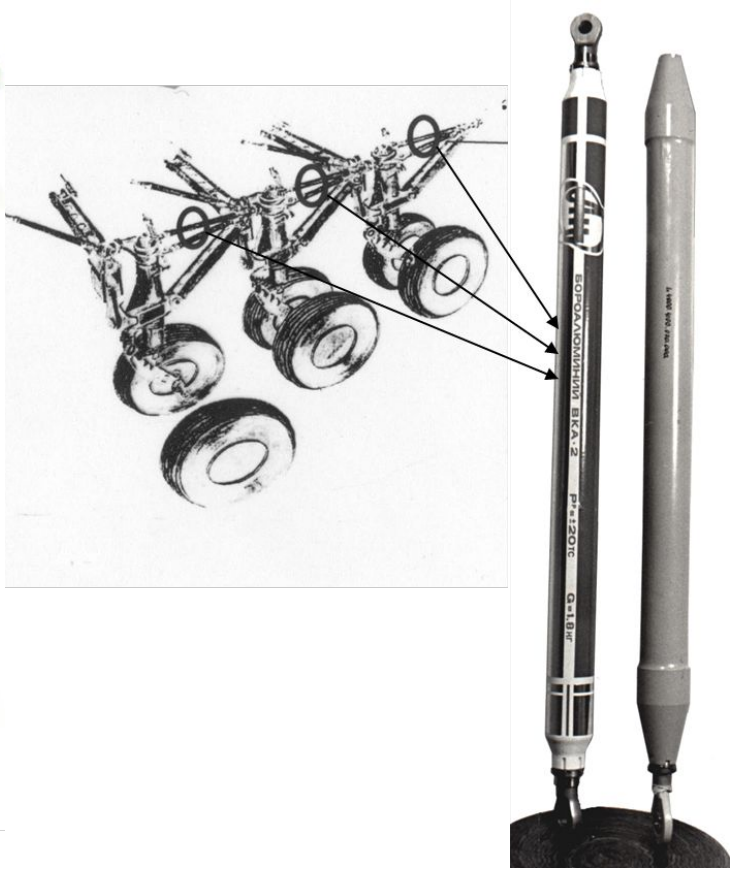
в)

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 B-Al 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 B-Al шпона и пакетных заготовок в изделиях различного назначения

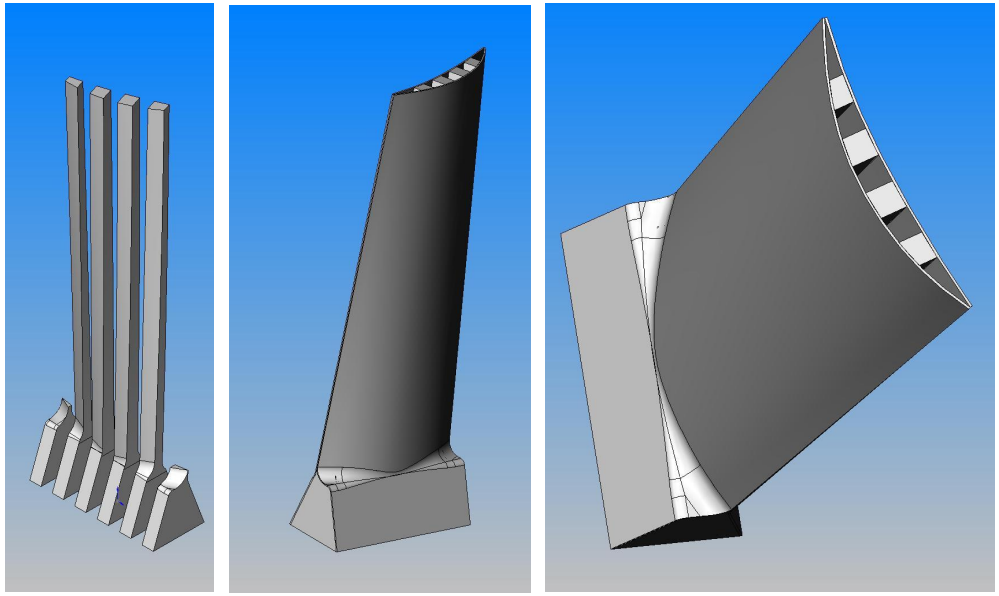


Рис. 8. - Геометрическая модель широкохордной полой лопатки с несущими стержнями из композиционных материалов (B-Al) (ГНЦ ФГУП «ВИАМ», ГНЦ ФГУП «ЦИАМ»)

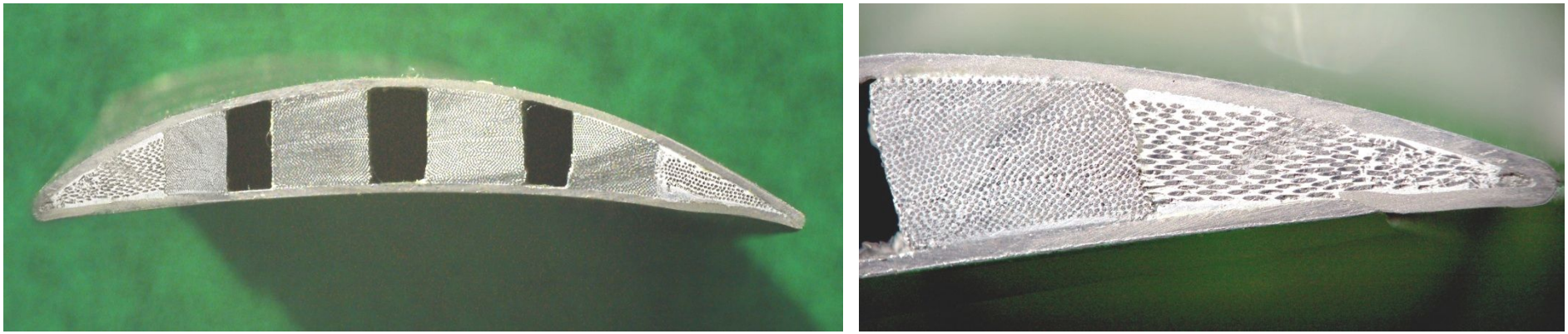


Рис. 9. - Формирование кромки пера лопатки с применением боралюминиевых стержней с поперечным армированием (ГНЦ ФГУП «ВИАМ», ГНЦ ФГУП «ЦИАМ»)

Производство изделия сложной пространственной конфигурации из B-Al шпона

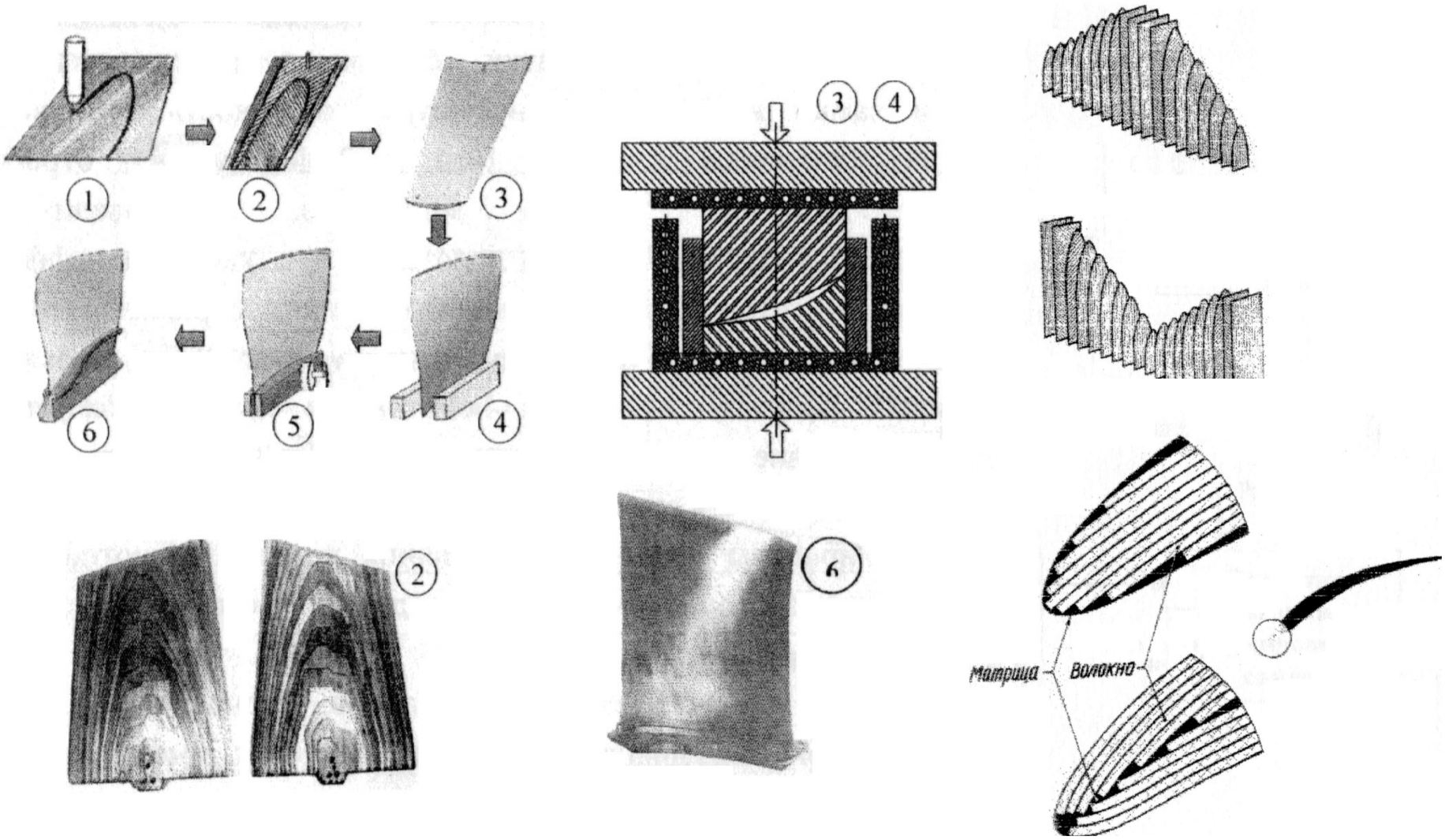
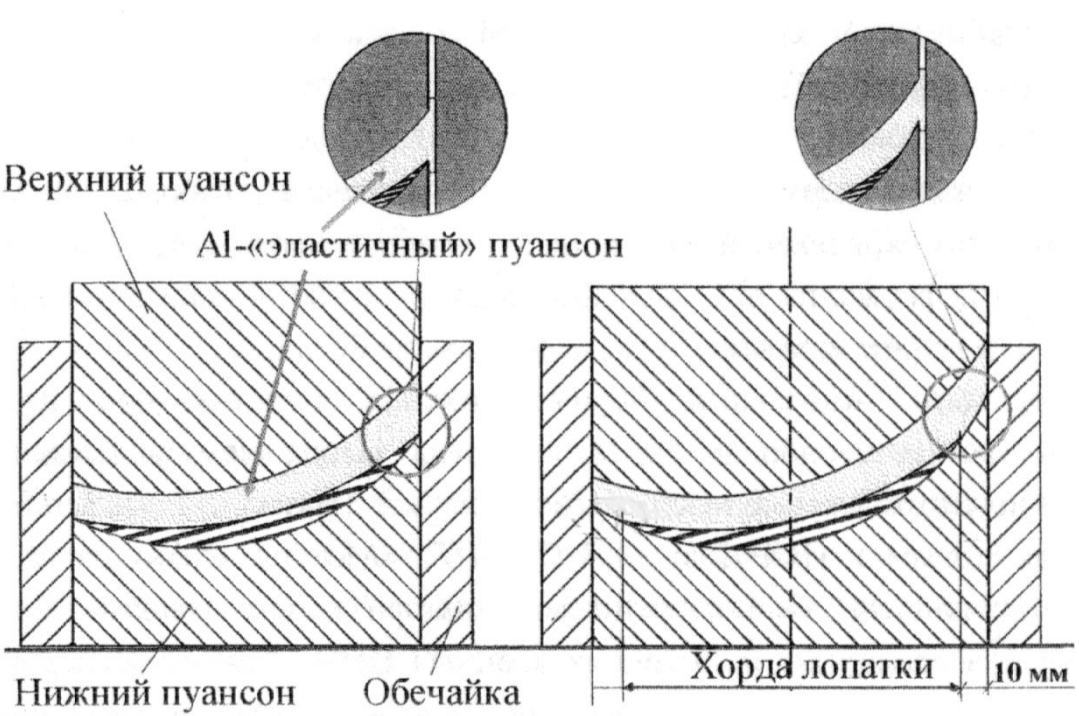
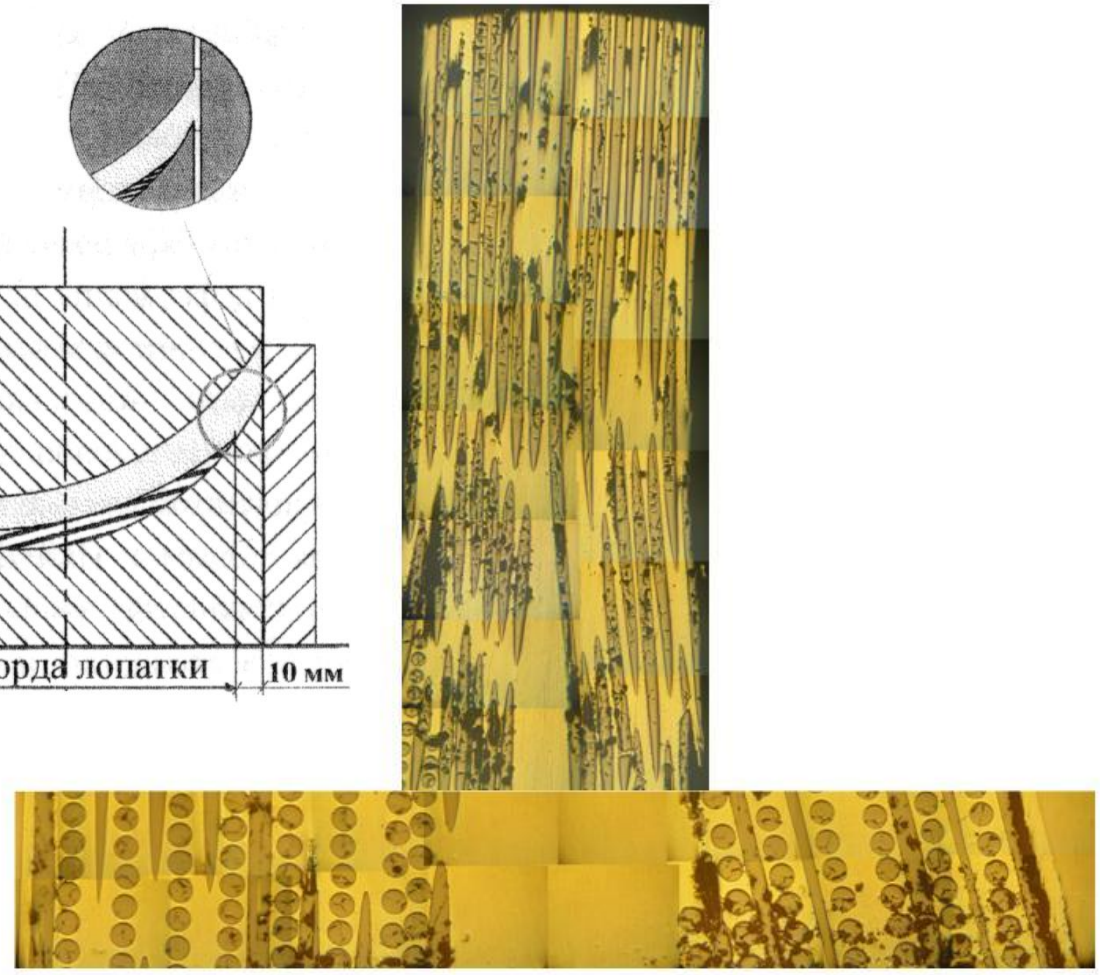


Рис. 10. - Схема сборки пакетной заготовки и горячее прессование при изготовлении турбинной лопатки

Производство изделия сложной пространственной конфигурации из B-Al шпона



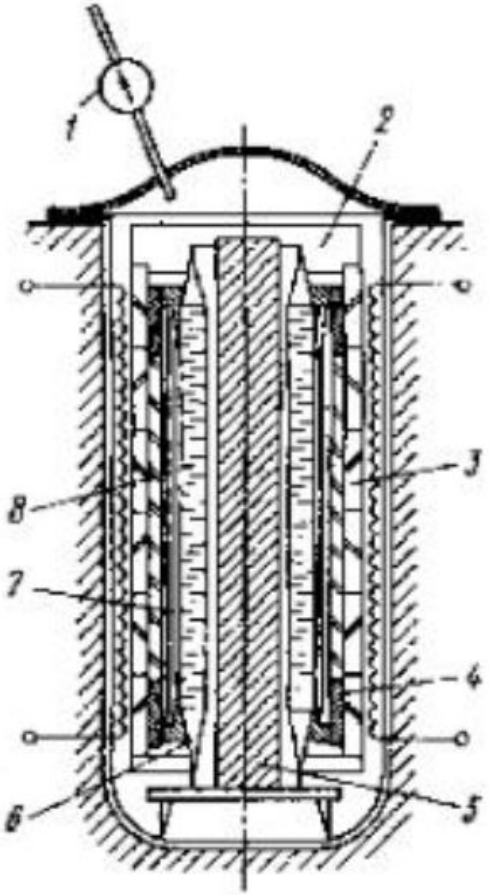
а)



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 B-Al шпона



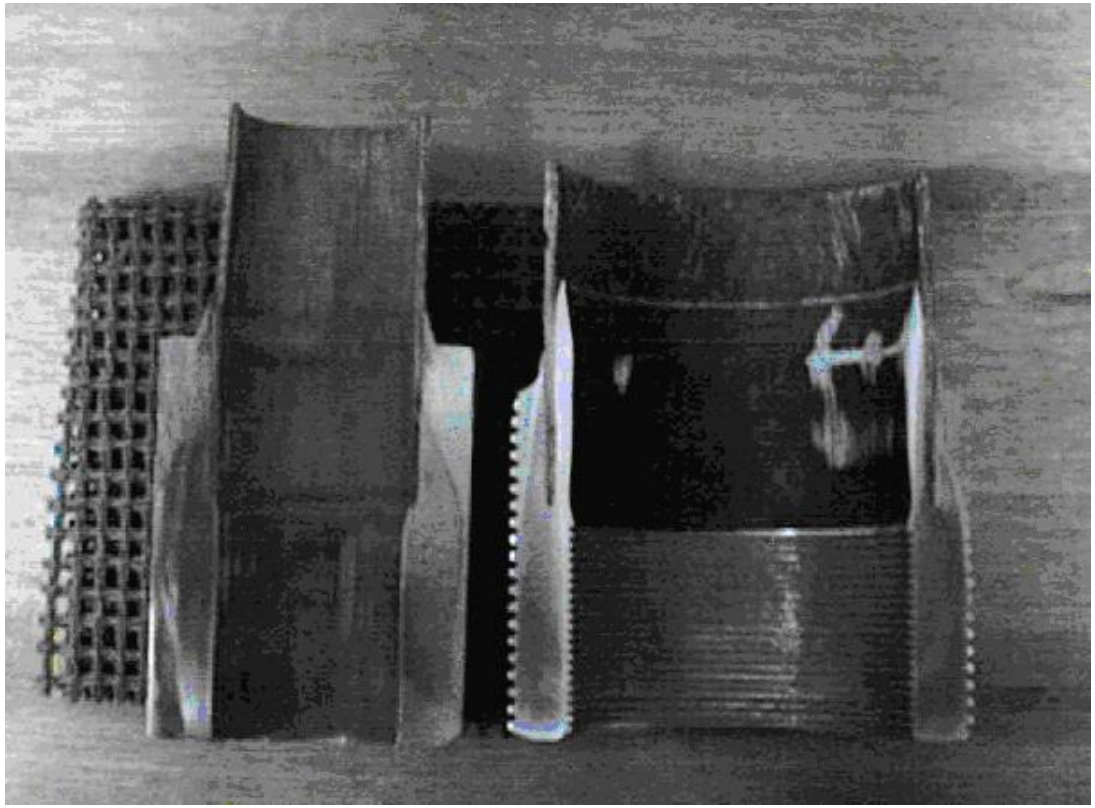


Рис. 12. а) схема паростата: 1 – вакуумный насос; 2 – вакуумная печь; 3 – кольцевые обоймы; 4 – законцовка трубчатой балки; 5 – оправка; 6 – формующая замкнутая оболочка; 7 – бороалюминиевый полуфабрикат; 8 – цулаги; б) трубчатые элементы с законцовками