



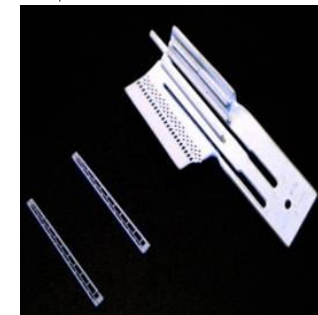
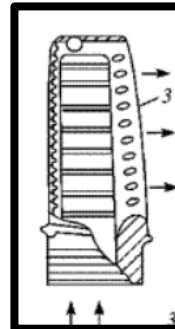
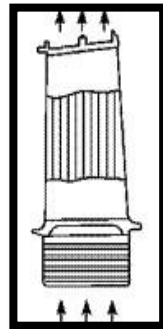
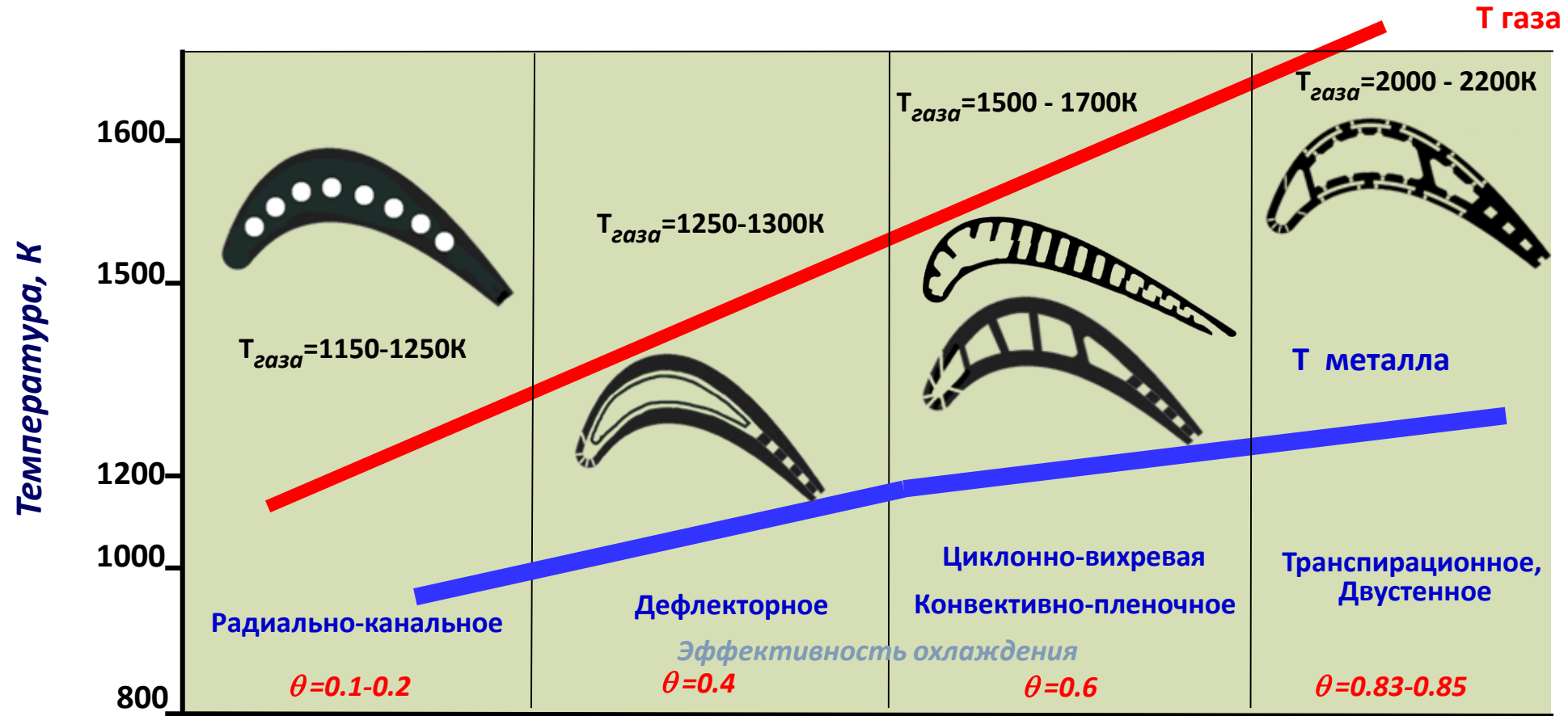
Керамические стержни: особенности конструкций, технологии изготовления

Ечин А.Б.

17 апреля 2025г.

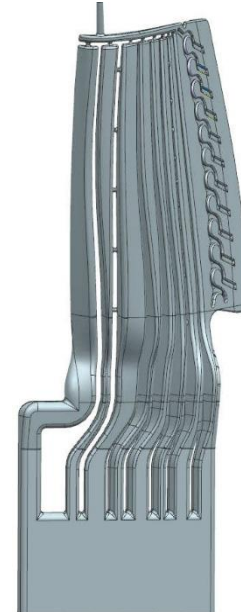
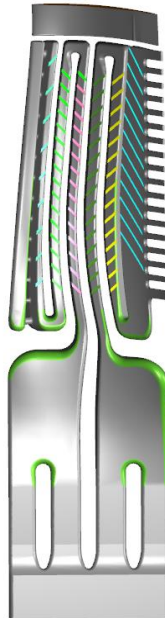
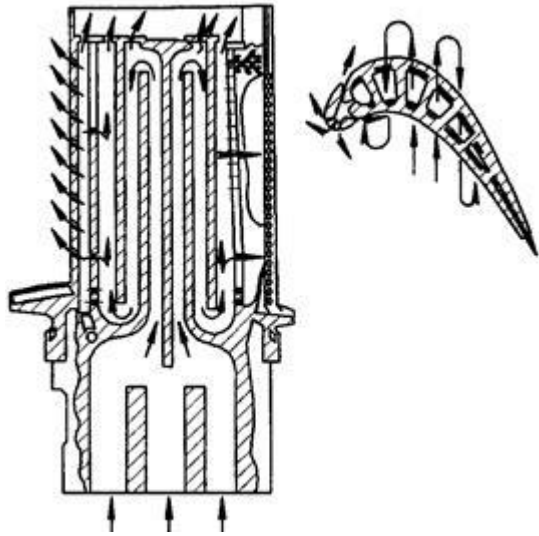


Уровень работоспособности лопаток с различными системами охлаждения



Конвективно-пленочное охлаждение – петлевая система охлаждения: $T_{\text{газа}}$ до 1850K

- Охлаждающий воздух разделен на несколько потоков, что улучшило равномерность температурного поля пера лопатки;
- Турбулизация потока;
- Сложная система каналов;
- Уменьшение толщины стенок до 0,3 мм.



Проблемы при изготовлении

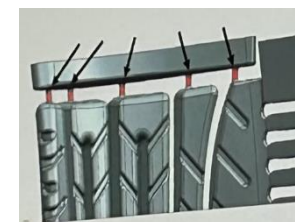
Трещины, непропрессовка – значительный перепад сечений каналов между элементами системы охлаждения

- Слом выходной кромки – слишком тонкая
- Выход стержня – отсутствие или недостаточный размер стержневых знаков

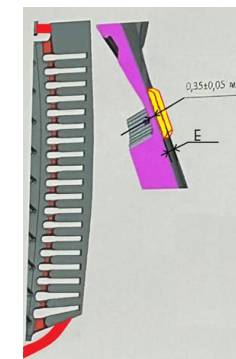
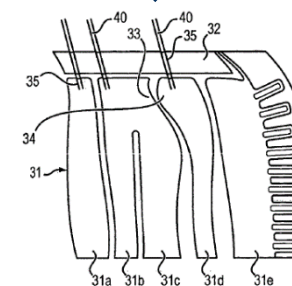


Мероприятия по повышению технологичности конструкции

- Введение технологических перемычек
- Использование соединительных штырьков
- Минимизация разнотолщинности и сглаживание радиусами в местах переходов
- Утолщение кромок (каналов) с последующим их стачиванием
- Использование жеребеек для фиксации стержня

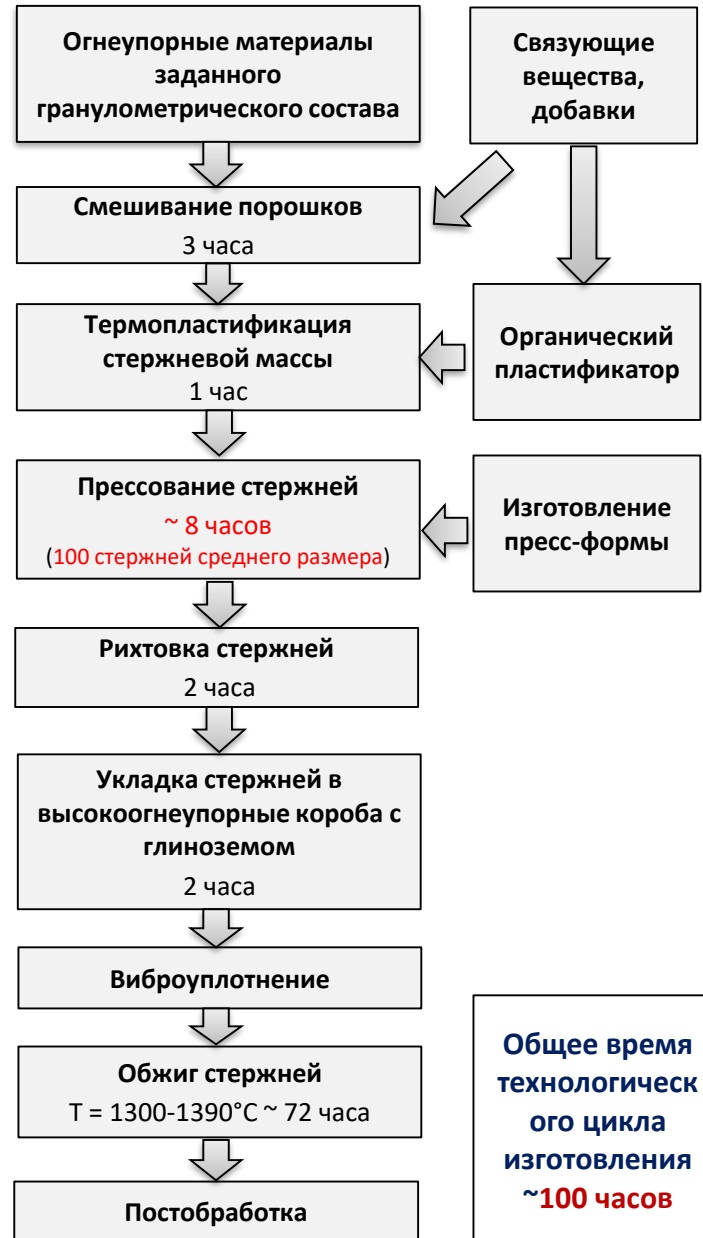


Зарубежные патенты

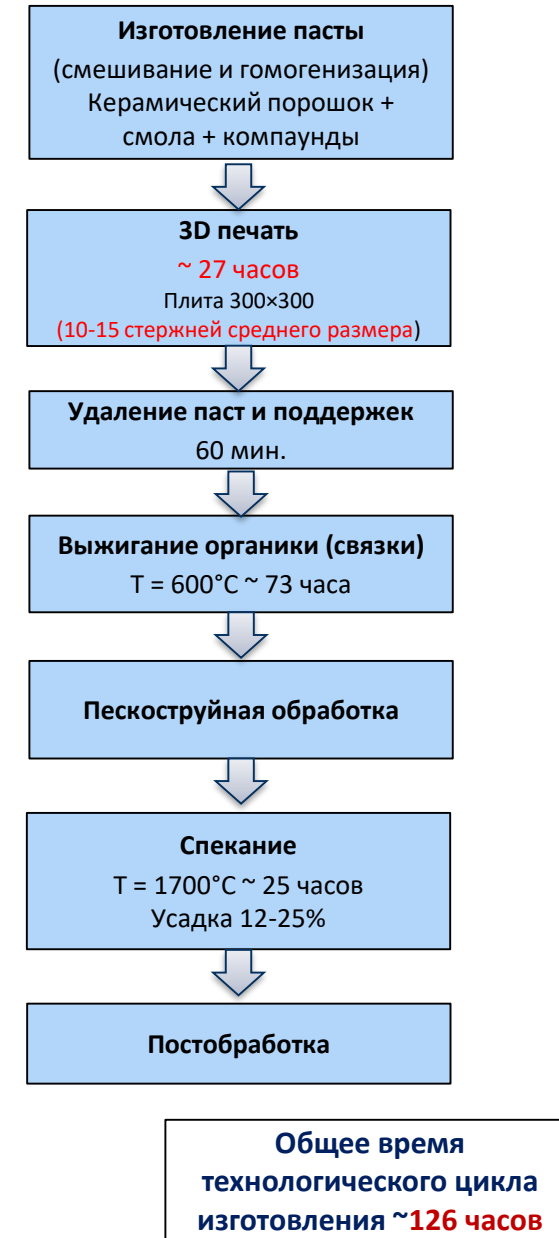


Сравнение технологии изготовления стержней

Традиционная технология, используемая серийно



Технология лазерной стереолитографии



Основные моменты:

- Максимальный размер сечения элемента должен быть не более 5×5 мм для выхода фотополимера при обжиге (возможно больше, с добавлением отверстий)
- Следует избегать разной толщины стенок (нелинейная усадка)
- Минимальный диаметр отверстия – 300 мкм
- Минимальная толщина стенки – 300 мкм
- Максимальный уклон без поддержек - 45°
- Не допустимы закрытые пустоты без отверстий
- Усадка 12-25 %
- Низкая производительность – на плите 300 × 300 мм за 27 часов можно вырастить 10-15 стержней (прессовщик за смену (8 часов) прессует около 100 годных стержней)
- Сложность съема с плиты
- Высокая прочность (более 100 Мпа)
- Высокая стоимость пасты ~ 50000 руб./кг



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!