

УДК 621.743.56

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ТЕРМООБРАБОТКИ
КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ НА ВЕЛИЧИНУ ИХ ПРОЧНОСТИ И
КОРОБЛЕНИЯ**

Кацуба Сергей Сергеевич

*Студент 6 курса**Кафедра «Литейные технологии»**Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана**Научный руководитель: О.М. Савохина,**старший преподаватель кафедры «Литейные технологии»*

Объектом исследования является процесс прокаливания керамических стержней, используемых при литье авиационных лопаток газотурбинных двигателей.

Цель работы – исследовать влияние условий термообработки керамических стержней на их прочность и на соответствие геометрии и шероховатости поверхности; определить оптимальные режимы прокали стержней; проанализировать результаты и дать рекомендации для уточнения серийной технологии обжига керамических стержней.

Поставленная цель достигается за счет изменения скорости нагрева стержней на начальном интервале до 350 °С, когда происходит удаление основного количества связующих компонентов, а, также, за счет использования электрической камерной печи с автоматическим управлением для повышения стабильности процесса.

Методика исследования состояла из следующих этапов:

- 1) изготовление сырых стержней и образцов из одной стержневой массы;
- 2) прокаливание стержней и образцов по различным режимам с использованием двух печей: электрической и газовой тоннельной;
- 3) определение временного сопротивления изгибу на испытательной машине на прокаленных образцах;
- 4) измерение коробления с помощью прибора для контроля геометрии стержней на соответствие требованиям серийного технологического процесса;
- 5) обработка полученных результатов методом полнофакторного эксперимента с целью определения математической зависимости прочности и степени коробления стержней от режимов термообработки.

Таблица 1 – Режимы обжига стержней и образцов

№ Режимы, тип печи.	Интервалы температур			Время выдержки при T_{max}
1. Электрическая камерная печь	30-350 °С $V = 15 \text{ °С/ч}$ 24 часа	350-800 °С $V = 50 \text{ °С/ч}$ 9 часов	800-1200 °С $V = 100 \text{ °С/ч}$ 4 часа	8 часов
2. Электрическая камерная печь	30-800 °С $V = 50 \text{ °С/ч}$ 16 часов	800-1200 °С $V = 100 \text{ °С/ч}$ 4 часа		8 часов

3. Электрическая камерная печь + туннельная газовая печь ПГ-30 (комбинированный режим)	30-350 °С V = 15 °С/ч 24 часа	350-800 °С V = 50 °С/ч 9 часов	800-1350 °С V = 100°С/ч 5,5 часов	8 часов
4. Туннельная газовая печь ПГ-30	30-800 °С V = 50°С/ч 16 часов		800-1350 °С V = 100°С/ч 5,5 часов	8 часов

Таблица 2 – Результаты измерений

№ режима	Характеристика режима	Внешний вид	Геометрия, в/Г, %	σ изгиба, Мпа	σ изгиба, Мпа
		Без пропитки связующим			С пропиткой
1	Электрическая камерная печь, T _{max} - 1200° С	Серые, гладкие, недопрокаленные	30 % (6 годных+ 14 брак.)	7,3 8,1 9,2 9,4	-
2	Электрическая камерная печь, T _{max} - 1200° С	Серые, гладкие, недопрокаленные	60 % (12 год.+ 8 брак.)	9,5 10,2 10,8 11,6	-
3	Двойной обжиг: Сначала 1-й режим, затем 2-й режим	Белые, гладкие, без дефектов	80 % (16 год, + 4 брак.)	18,3 18,7 19,1 19,8	21,5 21,8 22,6 23,7
4	Серийный режим, в туннельной газовой печи T _{max} - 1350° С.	Белые, гладкие, без дефектов	55% (11 год.+ 9 брак.)	17,9 19,1 19,4 20,2	20,8 21,7 22,5 24,4

Исходя из литературного обзора различных источников [1,2,3] и данных, полученных экспериментальным путем, в качестве главных параметров, определяющих ход и результаты процесса, взята скорость нагрева печи до 350 °С (V) и максимальная температура прокалики (T_{max}).

Из полученных результатов видно, что на величину прочности, главным образом, влияет максимальная температура. Наиболее оптимальная температура T_{max} = 1350 °С с выдержкой при данной температуре около 8 часов. Прокалка при более низких температурах ведет к уменьшению прочности и необходимости пропитки стержней для ее увеличения. На величину коробления, в большей степени, влияет скорость нагрева короба со стержнями на начальном этапе до 350 °С, когда происходит выгорание основного количества связующих компонентов. Наибольшая скорость подъема температуры – 20 °С в час. При этом необходимо выдерживать максимальную

температуру проковки для получения годных стержней, как по геометрии, так и по прочности.

Литература

1. Каблов Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей. – Изд-во МИСиС, 2001 . – 632 с.;
2. Кайнарский И.С. Процессы технологии огнеупоров : теоретические основы производства огнеупорных изделий. – М. : Metallurgia, 1969. 352 с.;
3. Балкевич В.Л. Техническая керамика. – Учебное пособие для ВТУЗов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1984. — 256 с.