

УДК 669.14.018.44

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ ЛОПАТОК ТВД

Р.Р. Садртдинов, А.А. Быбин, Р.Р. Невьянцева

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.М. Смыслов

Уфимский государственный авиационный технический университет

В процессе длительной эксплуатации под влиянием высокой температуры и напряжений в материале лопаток турбины, изготовленных из жаропрочных никелевых сплавов, происходят структурные изменения, приводящие к потере работоспособности деталей. Целью данного исследования является оценка постэксплуатационного состояния материала лопаток ТВД и разработка рекомендаций по проведению восстановительной термической обработки никелевого сплава. Эксперименты проводились на образцах, вырезанных из лопаток ТВД из сплава IN738LC. Детали эксплуатировались в составе изделия ГТК-25И и имели наработку 56 тыс. ч. Процесс восстановительной термообработки проводился в вакууме при различной температуре закалки с последующим двухступенчатым старением по стандартному режиму. Структура изучалась с использованием растрового электронного микроскопа JXA-6400 (JEOL). Исследованиями установлено, что в постэксплуатационном состоянии в материале лопатки наблюдается коагуляция частиц упрочняющей γ' -фазы, а также выделение низкотемпературной γ' -фазы, что проявляется на шлифе в виде «сыпи». Такие изменения приводят к снижению уровня механических свойств никелевого сплава по сравнению с исходным состоянием материала до эксплуатации (таблица).

Таблица

Состояние	Механические свойства					
	при 20 °С			при 650 °С		
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
После эксплуатации	670	570	2,0	710	520	2,3
После закалки:						
– с 1120 °С	840	700	7,7	840	660	8,0
– с 1140 °С	870	710	9,2	860	680	8,7
Норма по ТУ	≥ 790	≥ 680	$\geq 3,0$	≥ 790	≥ 580	$\geq 3,0$

Проведение термообработки при температуре закалки 1120 °С не приводит к полной перекристаллизации частиц γ' -фазы: наблюдаются остатки нерасстворившейся γ' -фазы в виде «сыпи», частицы γ' -фазы характеризуются неправильной формой размером до 1,7 мкм. Закалка образцов с 1140 °С обеспечивает полную перекристаллизацию упрочняющей γ' -фазы, при этом частицы имеют кубическую форму размером до 1,0 мкм. Более правильная структура выделений γ' -фазы способствует повышению уровня механических свойств как по сравнению с исходным состоянием, так и с образцами, закаленными с 1120 °С.

Проект представляется на рассмотрение экспертному совету по отбору инновационных научных разработок в рамках программы У.М.Н.И.К. (участник молодежного научно-инновационного конкурса) в связи с возможностью дальнейшей коммерциализации.