

**Киселёв Л.А., Тополянский П.А. Восстановление некондиционных лопаток паровых турбин методом «протезирования». Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: Материалы 17-й Международной научно-практической конференции: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015, 554 с., С. 125-127**

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН МЕТОДОМ «ПРОТЕЗИРОВАНИЯ»**

<sup>1</sup>КИСЕЛЁВ Л.А., <sup>2</sup>ТОПОЛЯНСКИЙ П.А.

<sup>1</sup>ТОО «Ремплазма», Петропавловск, Казахстан, <sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

Описаны результаты опытных работ по восстановлению некондиционных лопаток паровых турбин путем удаления эрозионно-изношенной или надорванной части лопатки, изготовления недостающего элемента (пера лопатки) и приварки его к хвостовой части с последующей доводкой геометрических размеров и плазменной наплавкой кромок.

Ключевые слова: плазменная резка, сварка, гидрорезка, термическая, механическая обработка.

The results of experimental work to restore substandard steam turbine blades by removing the erosion-worn or tore a part of the turbine blades by making the missing element - the blade and welding it to the tail, followed by fine-tuning the geometry and the physical and mechanical properties.

Key words: plasma cutting, welding, water jet cutting, thermal, mechanical treatment.

На многих тепловых электрических станциях паровые турбины имеют сверхнормативную наработку, а лопатки роторов турбин - повышенный эрозионный износ (рис 1) или наличие дефектов (рис 2). Наиболее часто ремонт лопаток осуществляется путем их замены на новые. Однако, в виду дороговизны замены некондиционных лопаток, а также в связи с ограничением нормативных сроков ремонта турбин вопрос перелопачивания лопаток (в случае некондиционности одной из лопаток) является весьма затратным. Восстановление эрозионно-изношенных рабочих кромок лопаток паровых турбин, а также лопаток, имеющих протяженные трещины, механические надрывы и забоины от ударных нагрузок различных инородных тел, является актуальной проблемой [1-4].

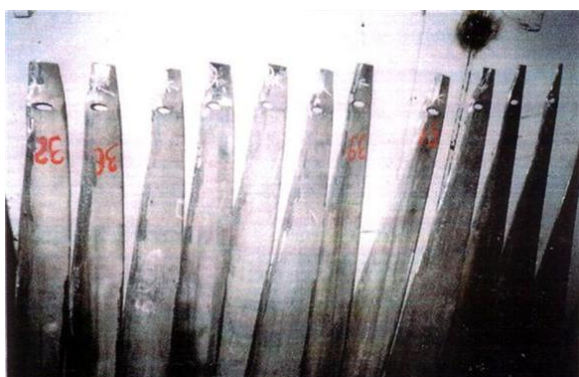


Рис. 1. Эрозионно-изношенные лопатки роторов паровых турбин



Рис. 2. Лопатки роторов паровых турбин с недостающими частями

Разработан процесс восстановления рабочих кромок лопаток паровых турбин путем удаления эрозионно-изношенной их части механическим путем, изготовления вместо удаленной части элементов в виде пластин из

идентичного лопаткам металла и приварки этих элементов аргодуговой сваркой. В качестве присадочного материала применяется проволока аустенитного класса [5].

Произведены опытные работы по восстановлению лопаток с недопустимым к ремонту дефектами, расположенными на расстоянии от верхней точки лопатки не менее чем до половины ее длины. Ремонт (восстановление) лопаток осуществлялся методом «протезирования» путем удаления некондиционного (дефектного) участка, изготовления взамен удаленной части надставки и ее приварки к оставшейся части (рис 3).

Практически установлено, что удаление некондиционной части лопатки механическим или термическим способом нецелесообразно, так как кромка лопатки после данной обработки имеет повышенную твердость (от 10% и более процентов) по сравнению с твердостью основного металла, что отрицательно сказывается на свариваемости при ремонте. Для устранения этого эффекта отрезка некондиционной части лопатки производилась методом гидроабразивной резки на установке APW 1525BA (Water Jet) на следующем режиме – давление суспензии - 400 МПа, скорость резки - 50 мм/мин, диаметр сопла – 1 мм, скорость суспензии - 1000 м/сек, мощность установки - 37 кВт (рис. 4). Твердость кромки лопатки из стали 20X13 ступени 28 турбины ПТ-60-90/13 после гидроабразивной резки составила 240-250 НВ, что соизмеримо с твердостью основного металла.

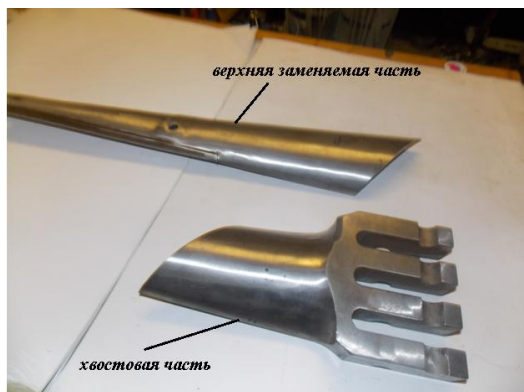


Рис. 3. Отрезанная хвостовая часть лопатки и верхняя заменяемая (дефектная) часть лопатки



Рис. 4. Процесс гидроабразивной резки лопатки

В отдельных случаях изготовление недостающей части лопатки осуществлялось путем отрезки от кондиционной бывшей в употреблении лопатки или путем изготовления новой лопатки на модернизированном станке модели 2E450 (рис. 5).

После изготовления недостающей части лопатки, ее подгонке к хвостовой части, производилась их сварка (рис. 6), а также нанесение упрочняющего покрытия на кромку лопатки методом плазменной наплавки (рис. 7). После приварки частей лопатки и нанесения упрочняющего покрытия осуществлялись их изотермический отпуск, доводка геометрических параметров в соответствии с техническими требованиями чертежа и проводились виброиспытания (рис. 8).

Виброиспытания показали, что предложенная технология восстановления удовлетворяет соответствующим нормативам.

По данной технологии были проведены работы по восстановлению натуральных лопаток двух турбин. В настоящий момент восстановленные лопатки отработали порядка 10 000 часов.

Таким образом, ремонт лопаток методом «протезирования» может быть рекомендован для широкого внедрения.



Рис. 5. Изготовление недостающего элемента лопатки паровой турбины на станке 2E450



Рис. 6. Сварка двух частей лопатки



Рис. 7. Плазменная наплавка кромки лопатки



Рис. 8. Стендовые виброиспытания лопатки

## Литература

1. Тополянский П.А. Повышение эрозионной стойкости входных кромок лопаток ступеней низкого давления паровых турбин. // Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. Материалы 4-й Всероссийской практической конференции 16-18 апреля 2002 г. Санкт-Петербург. Изд. СПбГТУ, 2002, С. 30-49
2. Новиков Ю.Н. Защита и упрочнение деталей при ремонте энергетического оборудования. М.: Энергоиздат. - 112 с.
3. Смыслов А.М. и др. О возможности реновации эксплуатационных свойств стальных паровых турбин. / Труды 1-ой международной научно-технической конференции, Уфа. - 2001. - с. 223-227
4. Патент kz №6364, кл B23K 31/00, 1998. Патент kz №26894, кл B23K 6/00 (2006.01)
5. Гонсеровский Ф.Г. Упрочнение и ремонт стальных паротурбинных лопаток после эрозионного износа. Электрические станции. - 1998, - №8. – с. 38