



Вятское Машиностроительное Предприятие
“Лазерная техника и технологии”



Лазерно-плазменные технологии повышения эрозионной стойкости лопаток паровых турбин

Чирков А.М., Крутова И.А., Корякин Д.В., ООО «ВМП Лазерная техника и технологии» г. Киров
Козлов Е.В., ФГБОУ ВО ВятГУ, г. Киров

Россия, 610042, Киров, ул. Лепсе 27, офис 221

Тел.: +7(8332) 64-62-54

E-mail: techlaser@mail.ru ; www.laserintech.ru

Актуальность проблемы

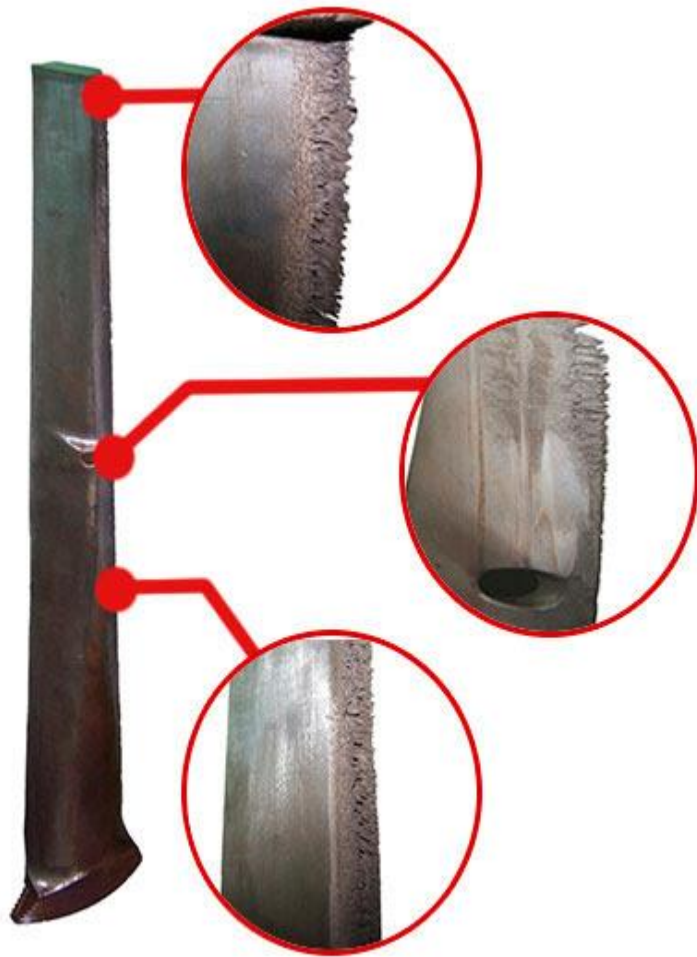


Повышение технико-экономической эффективности эксплуатации теплоэнергетического оборудования, связано с повышением эрозионной стойкости проточных частей влажно паровых турбин.

Основной причиной эрозионного износа лопаток ступеней низкого давления паровых турбин являются кавитационные явления при ударно-капельном воздействии влажного пара на определённые зоны лопаток во время работы турбины.

Традиционные технологии повышения эрозионной стойкости базируются на повышении твёрдости.

Механизм эрозионного износа паровых лопаток турбин



Основной причиной эрозионного износа лопаток ступеней низкого давления паровых турбин являются кавитационные явления при ударно-капельном воздействии влажного пара на определённые зоны лопаток во время работы турбины.

Механизмы эрозионного износа основаны на возникновении и развитии микро- и макротрещин усталостного разрушения.

Традиционные технологии повышения эрозионной стойкости базируются на повышении твёрдости.

Традиционные технологии повышения эрозионной стойкости паровых лопаток турбин



Напайка стеллитовых
пластин



Закалка токами
высокой частоты (ТВЧ)



Газотермические
методы напыления



Лазерная наплавка

Стали, применяемые при изготовлении паровых лопаток турбин

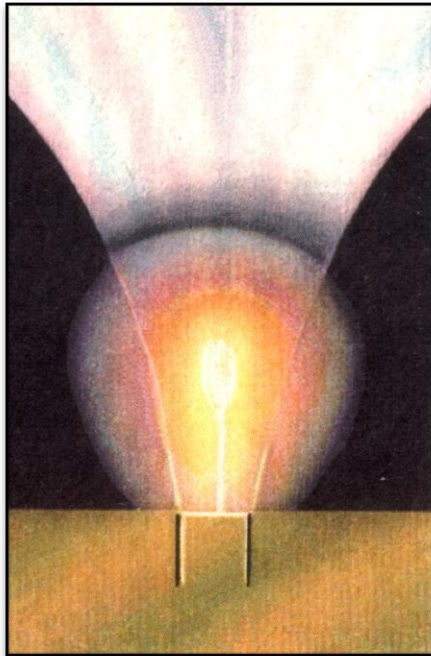
- Коррозионностойкие и жаростойкие стали ферритного класса 08X13;
- Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали мартенситно - ферритного класса 12X13;
- Коррозионностойкие и жаропрочные стали мартенситного класса 20X13;
- Жаропрочные стали мартенситно - ферритного класса 15X12ВНМФ

Низкие значения углеродного эквивалента не позволяют получить высокие значения твёрдости термическими способами упрочнения

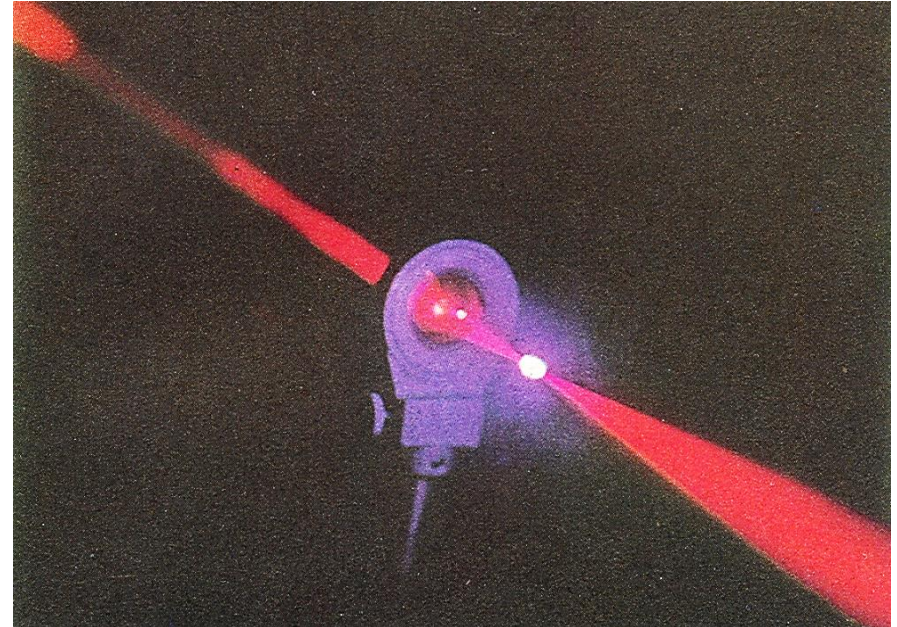
Недостатки технологии упрочнения лопаток паровых турбин токами высокой частоты

1. Невозможность закалки входных кромок сложных профилей – жесткий индуктор не может обойти сложные утолщения профиля с закалкой необходимой поверхности.
2. Недостаточная твердость закаленных поверхностей (не более 470 HV). Для стали 15X11МФ достигается не более 470-490 HV.
3. Плохая повторяемость технологического процесса. При настройке оборудования ТВЧ, приходится подвергать разрушающему контролю около 10% (не менее 10 шт.) от партии лопаток.
4. Невозможность закалки ТВЧ поверхности на расстоянии 0-5 мм от торца пера лопатки. Приходится удлинять заготовку под закалку ТВЧ на 15 мм, закаливать ТВЧ, и потом удалять технологическую прибыль механическим путем, что является и дорогим, и небезопасным, и недостаточно качественным.

Лазерно-плазменные технологии обработки материалов

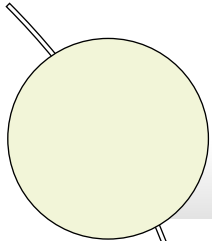


Технологии лазерно-плазменной обработки материалов основываются на физических свойствах приповерхностной лазерной плазмы оптического разряда в парах металла, физических эффектах взаимодействия лазерной плазмы и лазерного излучения с обрабатываемым материалом.

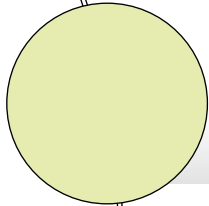


В основе физического процесса образования лазерной плазмы лежит эффект оптического разряда в парах металла или газа сфокусированного луча лазера.

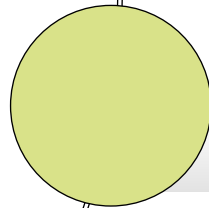
Физические свойства лазерной плазмы оптического разряда



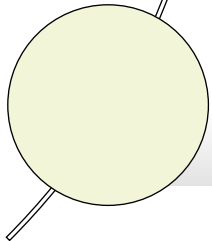
Лазерная плазма оптического разряда обладает рекордными значениями плотности мощности вложенной в разряд (до 1000 кВт/см²).



Температура в энергетическом центре приповерхностной лазерной плазмы оптического разряда достигает 27000 °K.



Химическим составом лазерной плазмы можно управлять, что открывает большие потенциальные технологические возможности.



Управляя энергетической накачкой приповерхностной лазерной плазмы можно атомизировать практически все химические элементы.

Лазерный роботизированный комплекс

Лазерно-плазменное упрочнение поверхности паровых лопаток турбин производилась на роботизированном лазерном комплексе TruLaser Robot 5020 производства фирмы TRUMPF (Германия)



Лазерно-плазменные технологии повышения эрозионной стойкости паровых лопаток турбин

Лазерно-плазменные технологии повышения эрозионной стойкости базируются на следующих физических эффектах:

- 1.Повышении микротвёрдости поверхностного слоя.
- 2.Создание высокодисперсной структуры поверхностного слоя
- 3.Создание гомогенной, изотропной структуры поверхностного слоя
- 4.Повышение коррозионной стойкости поверхности
- 5.Создание гидрофобной поверхности

**Преимущества технологии лазерно-плазменного
повышения эрозионной стойкости паровых лопаток турбин
(по сравнению с упрочнением ТВЧ)**

- 1.Повышенная микротвёрдость упрочнённого слоя до 1500 HV**
- 2.Структура высокодисперсная, глобульная.
Дисперсность структуры на микронном уровне.**
- 3.Структура поверхностного слоя гомогенная,
изотропная**
- 4.Повышенная коррозионная стойкость поверхности**
- 5.Процесс лазерно-плазменной обработки не зависит
от геометрии лопатки**
- 6.Поверхность гидрофобная**
- 7.Высокая технологическая воспроизводимость
технологического процесса**
- 8.Производительность процесса 10^2 - 10^4 мм²/сек и
зависит от мощности лазера**

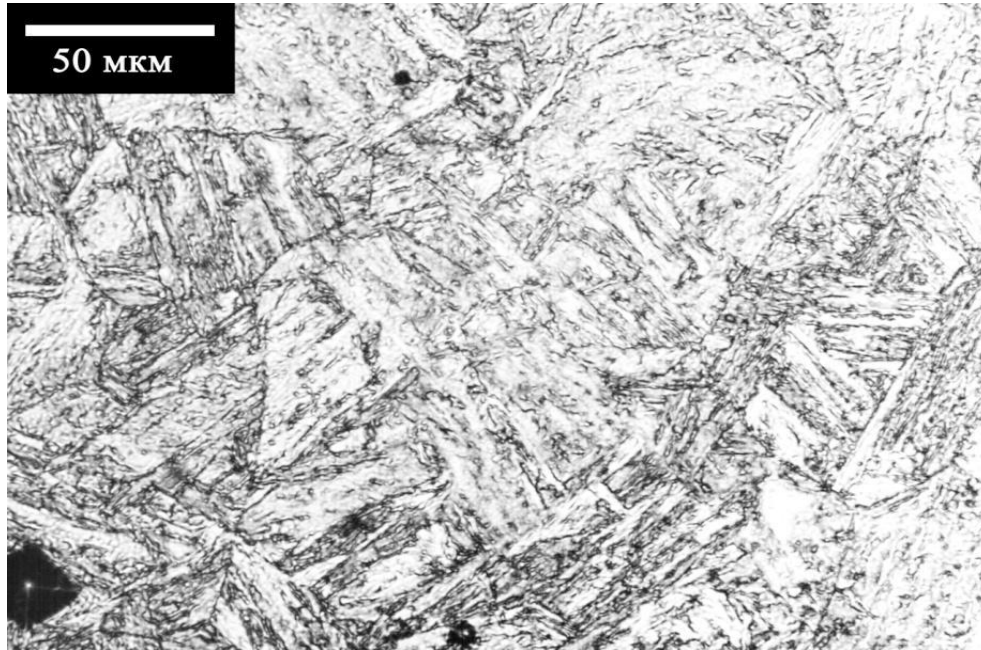
Лазерно-плазменная обработка паровой лопатки турбины



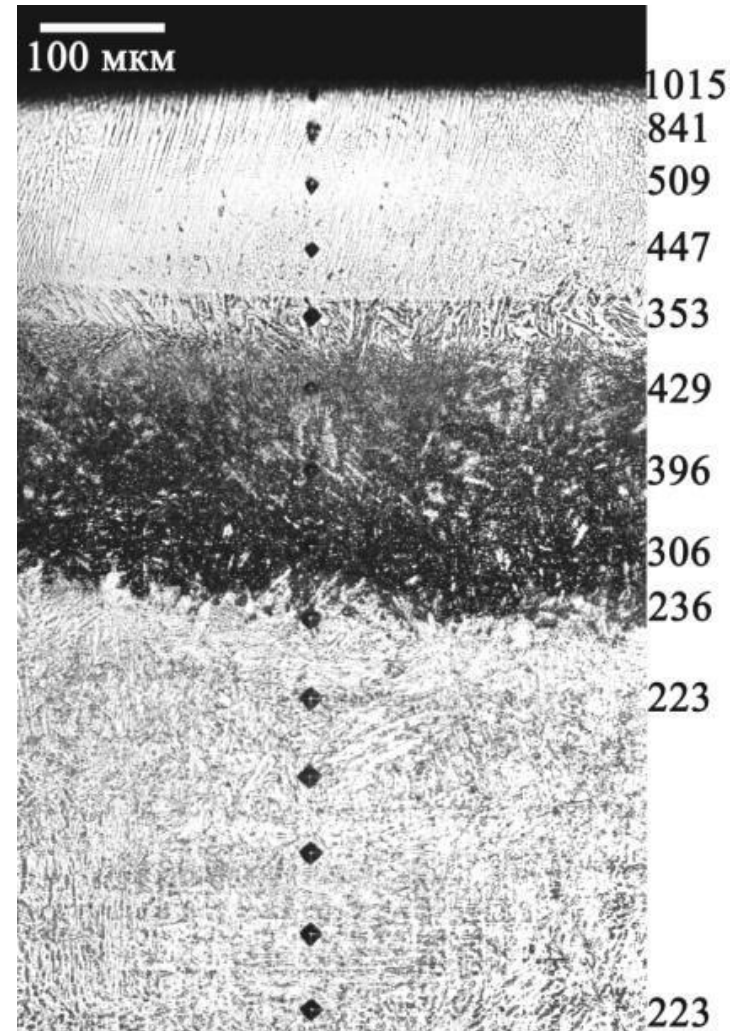
Лазерно-плазменная обработка лопаток паровых лопаток турбин



Металлографические исследования упрочнённого поверхностного слоя



Металл основы-ферритно-мартенситная смесь. Мартенсит имеет игольчатую структуру. Между мартенситными иглами и границами зерен видны выделившиеся зернистые карбиды.



Заключение

Лазерно-плазменная обработка поверхности создаёт факторы-предпосылки повышения эрозионной стойкости паровых лопаток турбин

1.Повышается микротвердость поверхностного слоя

2.Структура становится более высокодисперсной.

3.Повышается коррозионная стойкость

4.Поверхность приобретает гидрофобные свойства

5.Структура поверхностного слоя после лазерно-плазменной обработки гомогенную, изотропную.



Вятское Машиностроительное Предприятие
"Лазерная техника и технологии"



Спасибо за внимание!

ООО ВМП «Лазерная Техника и Технологии»

Россия, 610042, Киров, ул. Лепсе, 27, офис 221

Тел.: +7(8332) 64-62-54

E-mail: techlaser@mail.ru; www.laserintech.ru