



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГИИТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4175225/31-02

(22) 04.01.87

(46) 30.04.89, Бюл. № 16

(71) Белорусский политехнический институт

(72) О.Г.Девойно, М.А.Кардаполова и А.Н.Королева

(53) 621.375.836(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 1420985, кл. С 23 С 9/04.

(54) СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

(57) Изобретение относится к области лазерной химико-термической обработки стальных изделий. Цель изобретения - повышение износостойкости и усталост-

ной прочности обработанных изделий. Способ лазерной химико-термической обработки включает многократное последовательное нанесение на обрабатываемую поверхность изделия легирующей обмазки и нагрев лучом непрерывного лазера путем сканирования обрабатываемой поверхности при постоянной мощности лазерного излучения и увеличении скорости сканирования луча на каждом последовательном проходе в  $n/(n-1)$  раз, где  $n$  - кратность обработки. Использование данного способа обеспечивает повышение износостойкости в 2-2,5 раза и усталостной прочности в 1,5-2,5 раза по сравнению с обработкой известным способом. 2 табл.

1

Изобретение относится к металлургии, в частности к лазерной химико-термической обработке, и может быть использовано в машиностроении для поверхностного упрочнения деталей машин, изготовленных из углеродистых сталей.

Целью изобретения является повышение износостойкости и усталостной прочности обработанных изделий.

Предложенный способ характеризуется тем, что операцию нанесения обмазки и последующего оплавления лучом непрерывного лазера повторяют  $n$  раз, где  $n=2-5$ , обеспечивая при каждом последовательном сканировании увеличение скорости движения луча в  $n/(n-1)$  раз, что обеспечивает при постоянной мощности лазерного излу-

2

чения уменьшение энергозатрат в  $n/(n-1)$  раз.

Способ позволяет получить износостойкий поверхностный слой на рабочих поверхностях деталей практически из любых материалов, что определяется выбором оптимального легирующего покрытия. Однако степень упрочнения определяется количеством введенных легирующих элементов. При этом в случае создания высокой концентрации легирующих элементов в поверхностном слое, что может быть достигнуто либо увеличением толщины нанесенной обмазки, либо уменьшением глубины проплава металла основы, достигается высокая твердость и износостойкость поверхностного слоя. Одновременно в большинстве случаев происходит снижение ус-

талостной прочности. Это объясняется высоким уровнем остаточных напряжений вследствие резкого различия свойств упрочненного слоя и основного металла. Концентратором напряжений служит граница раздела легированных зон и основного металла.

При создании упрочненного слоя с более низкой концентрацией легирующих элементов, усталостная прочность практически не уменьшается, но и не достигается высокий уровень износостойкости.

Уменьшение энерговклада в поверхность при втором проходе приводит к уменьшению глубины зоны проплава по сравнению с первым и увеличению концентрации легирующих элементов в слое, проплавленном за второй проход. Последовательное выполнение описанного приема приводит к формированию легированного слоя с плавным изменением концентрации легирующих элементов от поверхности вглубь металла. Такое строение упрочненного слоя обеспечивает снижение уровня остаточных напряжений и повышение усталостной прочности.

Увеличение числа проходов выше пяти неэффективно, так как снижается производительность процесса упрочнения, кроме того, при высоком числе проходов происходит пересыщение поверхностных слоев легирующими мате-

риалов, что приводит к ухудшению его свойств, в том числе и снижению усталостной прочности.

**Пример.** Проводили лазерное легирование бором и хромом образцов из стали 45. Для нанесения образцов использовали порошки аморфного бора грануляцией 5-10 мкм и хрома грануляцией 10-12 мкм. Толщина обмазки составляла порядка 0,06 мм и контролировалась толщиномером МТ-40Нц. Для лазерной обработки использовали установку непрерывного действия ЛГН-702 мощностью 800 Вт. Изменением скорости перемещения луча лазера по поверхности достигалось изменение энерговклада. Скорость первого прохода составляла 400 мм/мин. Шаг обработки составлял 0,8 диаметра луча.

Испытания износостойкости проводили на машине трения СМТ-1 по схеме трения диск-колодка, величина износа определялась от искусственной базы с помощью профилографа-профилометра модели 252. Удельное давление составляло 1,24 МПа, скорость трения  $V = 16$  м/с, среда - масло промышленное 20 с добавками абразива.

Излучение усталостной прочности проводили по стандартной методике на машине МУИ-6000 в соответствии с ГОСТ 25-502-79.

Результаты исследований приведены в табл.1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Значения скорости перемещения лазерного луча при различном количестве проходов при начальной скорости луча  $V = 400$  мм/мин

| Номер прохода | Скорость при числе проходов |     |     |     |     |
|---------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|
|               | 1                           | 2   | 3   | 4   | 5   |
| 1             | 400                         | 400 | 400 | 400 | 400 |
| 2             | -                           | 800 | 600 | 533 | 500 |
| 3             | -                           | -   | 900 | 711 | 625 |
| 4             | -                           | -   | -   | 948 | 780 |
| 5             | -                           | -   | -   | -   | 977 |

Т а б л и ц а 2

Результаты исследований характеристик покрытий

| п/п | Число проходов лазерным лучом               | Обмазка бором        |                          | Обмазка хромом       |                          |
|-----|---|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|     |   | Величина износа, мкм | Предел выносливости, МПа | Величина износа, мкм | Предел выносливости, МПа |
| 1   | 2   | 14                   | 250                      | 19                   | 200                      |
| 2   | 3   | 10                   | 350                      | 13                   | 260                      |
| 3   | 5   | 8                    | 300                      | 10                   | 350                      |
| 4   | 6   | 8                    | 220                      | 10                   | 150                      |
| 5   | 2<br>(со сдвигом шага обработки - прототип) | 20                   | 200                      | 25                   | 140                      |
| 6   | 1   | 25                   | 240                      | 30                   | 210                      |
| 7   | 5<br>(без изменения энерго-вклада)          | Растрескивание слоя  |                          | Растрескивание слоя  |                          |

Использование предлагаемого способа позволяет увеличить по сравнению с прототипом износостойкость в 2-2,5 раза и усталостную прочность в 1,5-2,5 раза.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ лазерной химико-термической обработки стальных изделий, включающий многократное последовательное нанесение на обрабатываемую поверх-

30 ность изделия легирующей обмазки и нагрев лучом непрерывного лазера путем сканирования обрабатываемой поверхности при постоянной мощности лазерного излучения, отличающийся тем, что, с целью повышения износостойкости и усталостной прочности обработанных изделий, нагрев осуществляют при увеличении скорости сканирования луча на каждом следующем проходе в  $n/(n-1)$  раз, где  $n$  - кратность обработки.

Составитель А. Бултач

Редактор Т. Лазоренко

Техред М. Ходанич

Корректор В. Гирняк

Заказ 2127/25

Тираж 942

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101