

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т С УПРОЧНЯЮЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Стали аустенитного класса обладают рядом уникальных свойств: высокая коррозионная стойкость, немагнитность, вакуумная плотность и др. Однако невысокая твердость этих материалов делает невозможным их использование для изготовления изделий, воспринимающих значительные удельные нагрузки. Ресурс деталей из аустенитных сталей может быть увеличен за счет упрочнения рабочих поверхностей нанесением износостойких покрытий.

Исследовалась износостойкость семи материалов:

- стали 12Х18Н10Т после закалки (эталон);
- стали 12Х18Н10Т, азотированной;
- стали 12Х18Н10Т, упрочненной сплавом ПГ-СР2 толщиной 1 мм;
- стали 12Х18Н10Т, упрочненной сплавом ПГ-СР3 толщиной 1 мм;
- стали 12Х18Н10Т, упрочненной сплавом ПГ-СР4 толщиной 1 мм;
- стали 12Х18Н10Т с покрытием Ti N толщиной 8 мкм;
- стали 12Х18Н10Т, упрочненной сплавом ПГ-СР3 толщиной 1 мм с покрытием Ti N толщиной 8 мкм.

Для определения относительной износостойкости исследуемых материалов использовалась специальная экспериментальная машина трения, которая обеспечивала близкий к нулю коэффициент взаимного перекрытия при испытании на изнашивание (по схеме диск-колодка [1]) исследуемых образцов.

Конструкция узла трения и качающейся самоустанавливающейся державки позволяла испытывать одновременно три пальчиковых образца и обеспечивала равномерное распределение усилия прижима образцов к контртелу. После установки державки в патроне на образцах создавали необходимое удельное давление при помощи набора грузов. Для испытания на изнашивание пальчиковые образцы размером 4х4х10 мм устанавливали в державке (рис.1) и фиксировали с помощью винтов и планок. Расстояние от базовой плоскости державки до рабочей поверхности трех образцов, обработанных в сборе, контролировали с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01мм. Чтобы высота образцов над базовой плоскостью была постоянной, их опорная поверхность подгонялась (притиралась) по месту, после чего образцы клеймились, промывались, сушились и взвешивались.

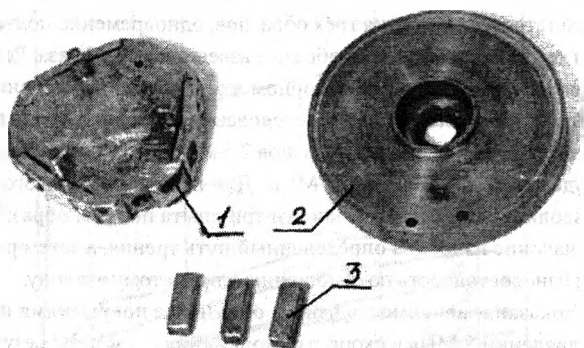


Рис. 1. Внешний вид державки, контртела и исследуемых образцов:

1 – державка; 2 – контртело; 3 – исследуемые образцы

Вырезка и подгонка образцов проводилась в условиях, не допускавших значительного нагрева образцов. Величина шероховатости R_a обработанной рабочей поверхности образцов составляла $2,5 \dots 1,25$ мкм. Рабочая поверхность трех пальчиковых образцов при исследовании износостойкости составляла порядка 48 мм^2 .

В качестве контртела использовались чугунные диски диаметром 60 мм и высотой 15...20 мм, изготовленные из серого чугуна марки СЧ 25 (ГОСТ 1412-85). Рабочие поверхности чугунных дисков (рис.2) подвергали механической обработке (точению), чтобы обеспечить шероховатость поверхности R_a не более 1,25 мкм.

Изнашивание поверхностей металлов в условиях трения скольжения происходит неравномерно и сопровождается интенсивным деформированием поверхности на значительную глубину [2]. Поэтому микрометрический метод не всегда позволяет измерить величину линейного износа с необходимой точностью, особенно при трении небольших образцов. Наиболее эффективным методом определения интенсивности изнашивания небольших образцов является весовой. С помощью этого метода определяли величину износа образцов при трении. Для повышения точности измерений образцы взвешивали на лабораторных аналитических весах.

В качестве критерия износа была принята относительная износостойкость ϵ :

$$\epsilon = \Delta P_{\text{э}} / \Delta P_{\text{упр}} \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{э}}$ – потеря массы эталона (сталь 12Х18Н10Т) в процессе изнашивания; $\Delta P_{\text{упр}}$ – потеря массы образца, упрочненного различными методами, в процессе изнашивания.

Общая продолжительность испытаний зависела от свойств исследуемых материалов и от величины износа. Периодичность взвешивания образцов в процессе испыта-

ния составляла 5; 15; 30; 60; 120 и 120 минут. Износ определялся как среднее арифметическое результатов взвешивания трех образцов, одновременно подвергавшихся испытанию. При каждой оценке износа образцы взвешивали 2...3 раза. Результат считался удовлетворительным, если при повторном взвешивании отклонение от предыдущего показания не превышало 0,1 мг. Исследование износостойкости производилось при постоянной скорости вращения образцов 2,5 м/с в условиях трения скольжения в масле и при удельном давлении 5–10 МПа. Для получения каждого результата на графике производилось в общей сложности три опыта по трем образцам. Определялось среднее значение износа за определенный путь трения, а затем рассчитывалась относительная износостойкость по отношению к принятому эталону.

На рис.2 показана зависимость износа образцов с покрытиями от пути трения при удельном давлении 5 МПа и скорости скольжения 2,5 м/с. Из результатов, представленных на рисунке видно, что наибольший износ имеют образцы из стали 12X18H10T, принятой за эталон. Наименьший износ – у образцов из стали 12X18H10T, упрочненных сплавом ПГ-СР4. Высокой износостойкостью обладают образцы из стали 12X18H10T с покрытием TiN , а также из стали 12X18H10T, упрочненной сплавами ПГ-СР3 и ПГ-СР2. Несколько меньшую износостойкость имеют азотированные образцы из стали 12X18H10T. Относительная износостойкость образцов из этих материалов представлена на рис.3 (соответствует пути трения порядка 5×10^3 м).

На рис. 4 показана зависимость износа образцов с покрытиями от пути трения при удельном давлении 10 МПа и скорости скольжения 2,5 м/с. Из результатов исследований, представленных на рисунке видно, что процесс изнашивания образцов из стали 12X18H10T после азотирования и с покрытием из нитрида титана сопровождается интенсивным износом поверхностей трения. Значительный износ наблюдается у образцов из стали 12X18H10T. упрочненных сплавом ПГ-СР4. Наименьший износ имеют образцы из стали 12X18H10T с покрытием TiN , упрочненные сплавом ПГ-СР3.

Анализ поверхностей трения исследуемых образцов показал, что поверхность трения образца из стали 12X18H10T после шлифования (без упрочнения) уже при удельном давлении 5 МПа имеет следы схватывания при трении; увеличение давления до 10 МПа вызывает заедание поверхностей трения. У образцов, подвергнутых азотированию, схватывание при трении наблюдается с увеличением удельного давления до 10 МПа. Покрытие из самофлюсующегося сплава в процессе трения изнашивается незначительно. Характер изнашивания сплава ПГ-СР4 как при давлении 5 МПа, так и при давлении 10 МПа существенно не изменяется. Износ образцов является, по-видимому, результатам усталостных разрушений при трении скольжения. Поверхности трения образцов имеют неглубокие следы износа, а вырывы и налипание частиц металла отсутствуют.

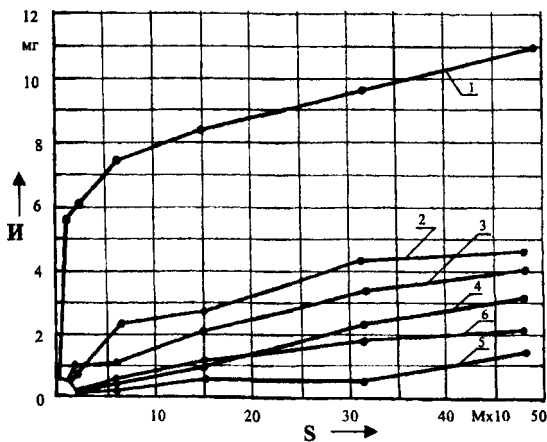


Рис. 2. Зависимость износа образцов из стали 12Х18Н10Т с упрочняющими покрытиями от пути трения (удельное давление 5 МПа, скорость скольжения 2,3 м/с): 1 - сталь 12Х18Н10Т неупрочненная (эталон); 2 - азотированная; 3,4,5 - соответственно с покрытиями из самофлюсующихся сплавов ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4; 6 - с покрытием из нитрида титана

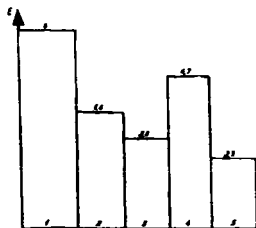


Рис. 3. Диаграммы относительной износостойкости образцов из стали 12Х18Н10Т (эталон) с упрочняющими покрытиями: 1,2,3 - соответственно образцы с покрытиями из самофлюсующихся сплавов ПГ-СР4, ПГ-СР3, ПГ-СР2; 4 - образцы с покрытиями из нитрида титана; 5 - азотированные образцы

Таким образом, упрочнение аустенитной стали 12Х18Н10Т азотированием и нанесением покрытий из нитрида титана эффективно при малых удельных нагрузках и скоростях скольжения. Увеличение удельной нагрузки приводит к продавливанию покрытий, нанесенных на «мягкую» основу и к быстрому их изнашиванию. Для повышения износостойкости деталей со специальными свойствами в качестве упрочняющих покрытий целесообразно использовать самофлюсующиеся твердые сплавы. Использование покрытий из нитрида титана эффективно лишь при наличии под покры-

тием твердого промежуточного слоя, в качестве которого может быть использован самофлюсующийся твердый сплав. Таким образом, использование покрытий из самофлюсующихся твердых сплавов на деталях из аустенитных сталей обеспечивает высокую износостойкость упрочненных поверхностей деталей.

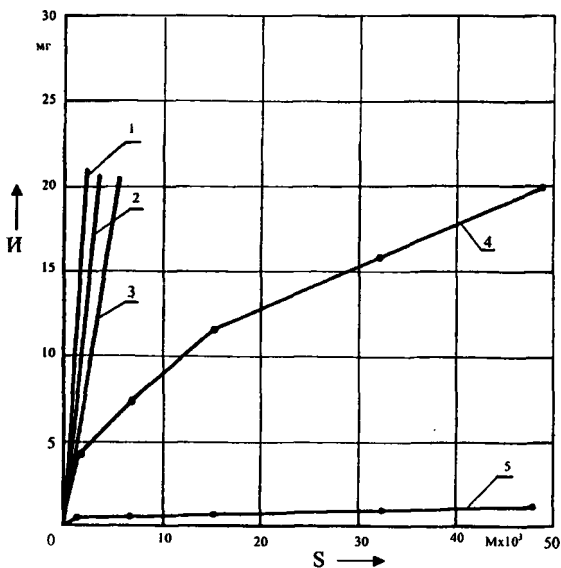


Рис. 4. Зависимость износа поверхности образцов из стали 12Х18Н10Т с упрочняющими покрытиями от пути трения (удельное давление 10 МПа, скорость скольжения 2,3 м/с): 1 – сталь 12Х18Н10Т неупрочненная; 2 – азотированные образцы; 3 – покрытия из нитрида титана; 4 – из самофлюсующегося сплава ПГ-СР4; 5 – из самофлюсующегося сплава ПГ-СР3 (подслой) и нитрида титана (основное покрытие)

ЛИТЕРАТУРА

1. Внедрение упрочняющей технологии (газопламенного и плазменного напыления) и комплексное исследование эксплуатационных характеристик упрочненных деталей типа направляющих: Отчет о НИР (заключит.) / Бел. политехн. ин-т; Рук. В.В. Бабук; № ГР80017770. – Мн., 1985. – 79 с.
2. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.