

И.Е. Фурман, Е.Л. Фурман

Уральский федеральный университет им. первого президента Б.Н. Ельцина

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОБАЛЬТОВОГО СТЕЛЛИТА 3В14КБ

Изучено влияние химического состава кобальтового сплава 3В14КБ на его износостойкость. В зависимости от условий эксплуатации детали необходимо использовать сплав с различным содержанием легирующих элементов. Установлены соотношения легирующих элементов в зависимости от условий работы детали, наплавленной данным сплавом.

Износ деталей машин принято подразделять по причинам, его вызывающим. В соответствии с этим различают абразивное, усталостное, адгезионное, коррозионно-механическое изнашивание. Абразивное изнашивание происходит при трении материала под нагрузкой о более твердые тела или частицы. При взаимодействии абразивных частиц с поверхностью деталей машин происходит разрушение поверхностного слоя путем царапания, среза или отрыва неровностей. В лабораторной практике для оценки сопротивления материалов износу нашли широкое применение методы испытаний путем истирания их о поверхность абразивного камня или шкурки в среде незакрепленных абразивных частиц, а также истирания в газо- или гидроабразивной среде [1].

Нами изучено влияние химического состава кобальтового сплава 3В14КБ на его износостойкость. Пределы варьирования легирующих элементов в этом сплаве очень велики и составляют обычно несколько процентов, поэтому один и тот же сплав обладает совершенно различными физико-механическими свойствами, что приводит к ограничению использования этого сплава в промышленности.

Основным механизмом разрушения материалов при абразивном изнашивании является царапание металла твердыми частицами. Поэтому для оценки износостойкости часто применяют испытание материалов путем трения их о шлифовальную шкурку, воспроизводящее механизм царапания при взаимодействии образца со множеством абразивных частиц. Большинство исследователей использовали методику [3], в которой трение образца осуществлялось по одному и тому же следу, что вызывает постепенное уменьшение абразивной способности шкурки и значительно сказывается на результатах исследований. Поэтому для определения износостойкости поверхностно упрочненных образцов по закрепленному абразиву была создана установка, позволяющая образцу все время скользить по свежей поверхности абразива, при

этом все точки образца проходили одинаковый путь за цикл испытания. Абразивом служила карборундовая шкурка с размером зерна 0,1 мм.

Нами исследован износ образцов из сплава ЗВ14КБ с различным соотношением Cr, C и W. Перед опытом поверхности образцов шлифовали и производили замер их микротвердости. В опытах применяли следующие удельные нагрузки на истираемую поверхность образца: от 100 до 600 кПа. При каждой из нагрузок образец проходил 5 циклов длиной 50 м.

Измерение непосредственно изменений линейных размеров образца затруднительно из-за высокой твердости образцов. Поэтому о величине износа судили по потере веса образцов, пересчитывая его в линейный (h) из соотношения

$$h = \frac{\Delta G}{S \sum_{i=1}^n \Pi_i \rho_i}, \quad (1)$$

где ΔG – потеря веса образца; Π_i – доля i -го компонента; ρ_i – плотность i -го компонента; S – площадь истирания.

Результаты опытов представлены на рис. 1.

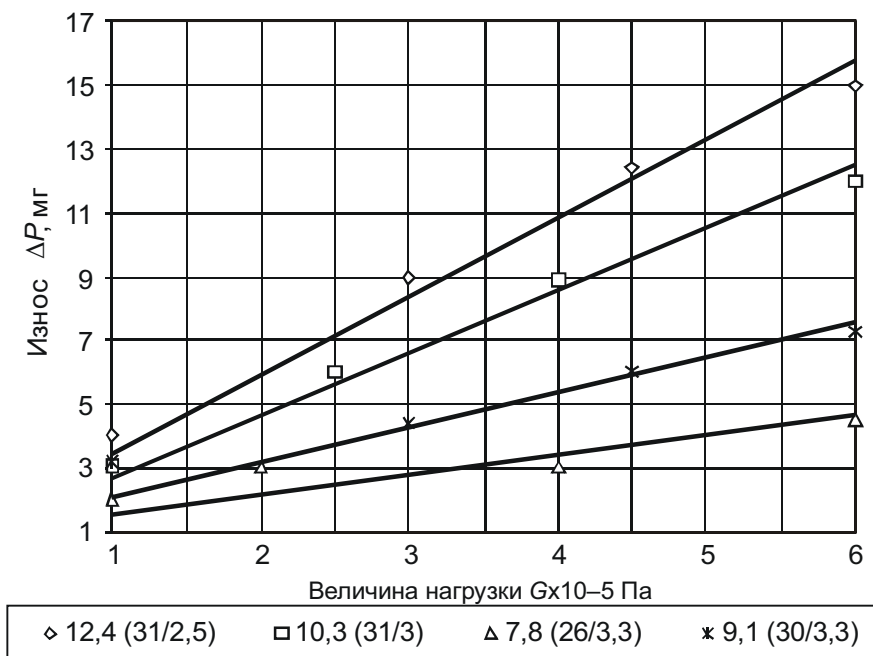


Рис. 1. Зависимость износостойкости ЗВ14КБ от удельного нагружения при различных соотношениях Cr/C

С увеличением соотношения Cr/C с 7,8, что соответствует минимальному содержанию Cr и максимальному содержанию C , в сплаве 3В14КБ до 12,4, что соответствует минимальному содержанию C и максимальному количеству Cr в вышеуказанном сплаве, износостойкость образцов уменьшается более чем в два раза. Это, по-видимому, связано с тем, что при малых концентрациях C и высоких концентрациях Cr в сплаве образуется в основном карбиды хрома $Cr_{23}C_6$, обладающие микротвердостью 1750 кг/мм^2 , а при высоком содержании C и низком содержании Cr образуются в основном карбиды вида Cr_7C_3 , обладающие более высокой микротвердостью (2300 кг/мм^2).

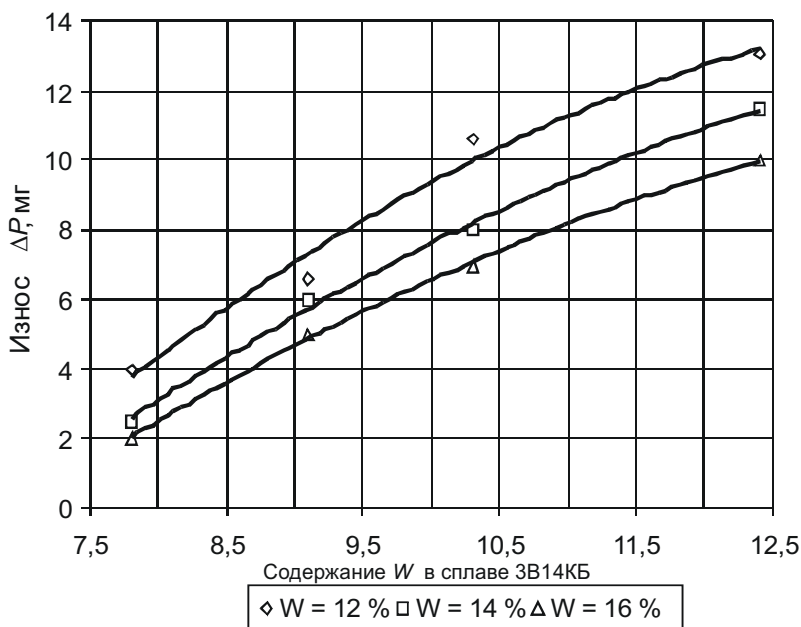


Рис. 2. Зависимость износа 3В14КБ от процентного содержания вольфрама в сплаве

Как видно из рис. 2, увеличение доли вольфрама с 12 до 15 % приводит к заметному повышению износостойкости сплава, как за счет упрочнения раствора внедрения, так и за счет выделения мелких карбидов вольфрама на границе эвтектики.

Износ образцов о незакрепленные частицы определяли на установке типа Бринелля – Хауорта. К вращающемуся резиновому диску под нагрузкой прижимается испытуемый образец. Из воронки через калиброванное отверстие просыпается абразив, частички которого захватываются диском и протаскиваются по поверхности образца. Скорость движения диска 250 об/мин. Нагрузка на образец составляет 100 Н. Масса их не превышает 0,2 кг. За один цикл испытаний пропускается 1 кг абразива. О величине износа судили по потере веса образца. Испытаниям были подвергнуты образцы того же состава

ва, что и при истирании закрепленными абразивными частицами. Результаты испытаний представлены на рис. 3.

По результатам видно, что с увеличением соотношения Cr/C в сплаве ЗВ14КБ с 7,8 до 12,4 его износостойкость по незакрепленному абразиву нелинейно уменьшается более чем в два раза. Как и в эксперименте с закрепленным абразивом, это можно объяснить преимущественным выпадением карбидов хрома $Cr_{23}C_6$ при больших концентрациях хрома и меньших концентрациях углерода, обладающих пониженной твердостью, по сравнению с карбидами Cr_7C_6 .

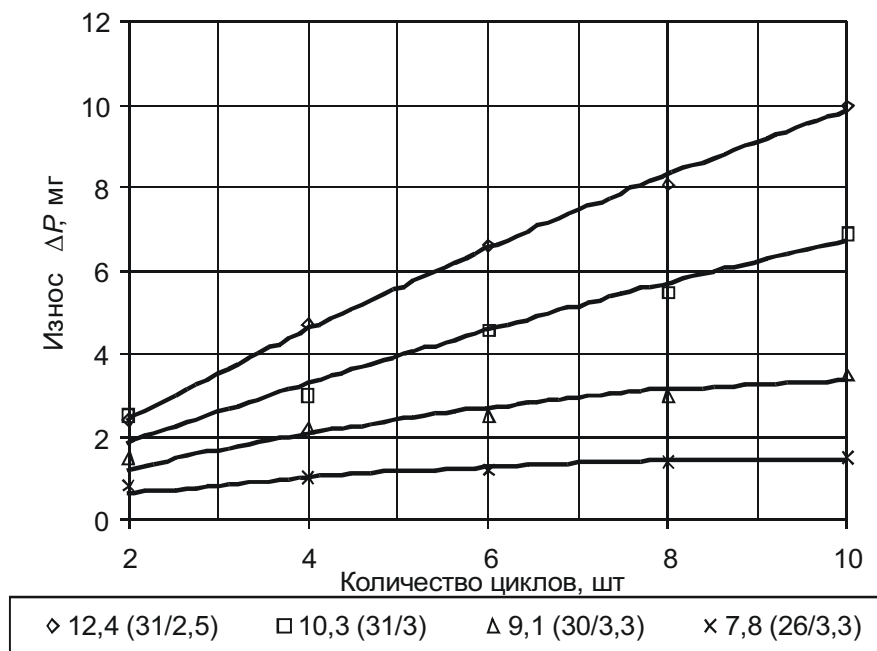


Рис. 3. Зависимость износа ЗВ14КБ от количества циклов нагружения при различных соотношениях Cr/C

Наряду с вышеперечисленными износами существует износ металла по металлу. Он реализуется при абразивном трении двух металлов. При этом происходит микрорезание с возникновением отделяющейся стружки и нанесение царапины с образованием пластически отесненных навалов. Навалы по краям царапины состоят из предразрушенного материала с большим количеством трещин, надрывов, с малой твердостью и прочностью. Вновь наносимые царапины по имеющимся навалам вызывают их разрушение с отделением частиц металла, обуславливающим весовой и объемный износ.

Отдельно выделяют износ при трении одноименных металлических пар. Для них в процессе сухого трения при различных нагрузках может происхо-

дить холодное сваривание – схватывание металлов. Микротвердость в зоне схватывания всегда выше, чем вдали от этой зоны [4]. Это приводит возникновению разрушения не на границе схватывания, а в глубине основного металла. При этом на поверхности трения кроме кольцевых царапин (для вращающихся образцов) наблюдаются наросты, а дальнейший износ резко увеличивается.

Существуют различные мнения о влиянии на износ номинальной площади контакта металлов. Поэтому, учитывая возможность такого влияния, сравнение износостойкости металлов можно проводить только при одинаковых площадях контактирования и одинаковых схемах взаимодействия.

Для определения износостойкости нами использовалась установка СМЦ-2, предназначенная для испытания материалов на износ и определения их антифрикционных свойств при трении скольжения и трении качения при нормальных температурах с парами образцов: диск – диск, диск – колодка, втулка – вал [2].

Принцип работы машины заключается в том, что образцы получают относительное движение при заданной нагрузке. При этом они изнашиваются, а момент трения на валу нижнего (вращающегося) образца измеряется и записывается. Установка не обеспечивает непосредственное измерение износа в процессе испытания. Поэтому измерение износа производится по убыли массы образцов.

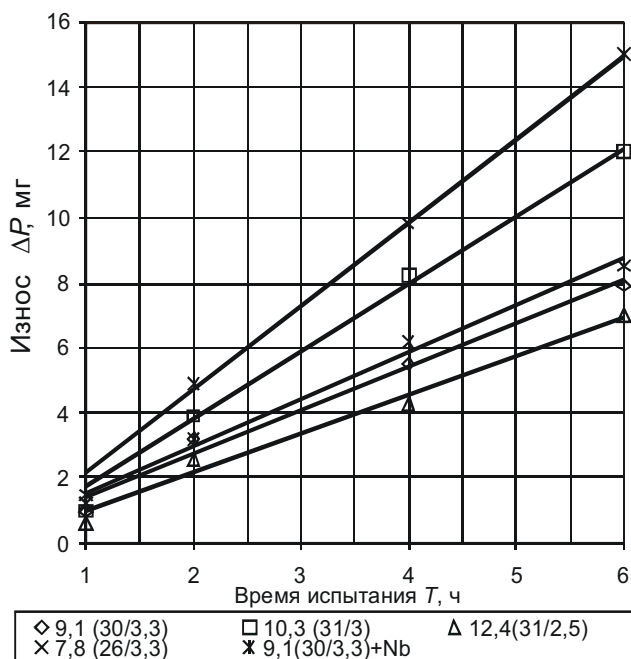


Рис. 4. Влияние времени испытания на износ 3В14КБ при различных соотношениях Cr/C

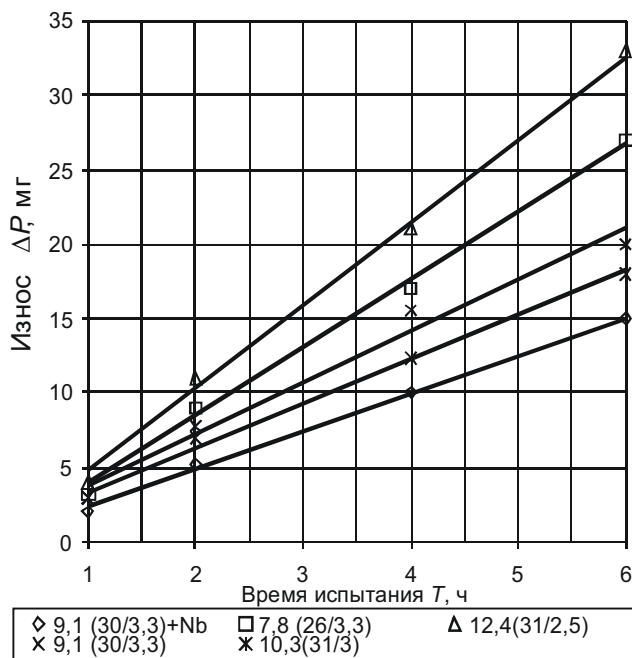


Рис. 5. Влияние времени испытания на суммарный износ ЗВ14КБ при различных соотношениях Cr/C

Результаты опытов представлены на рис. 4, 5. Из рис. 4 видно, что наибольшей износостойкостью из всех исследованных сплавов обладает сплав ЗВ14КБ с максимальным соотношением Cr/C. Однако суммарный износ

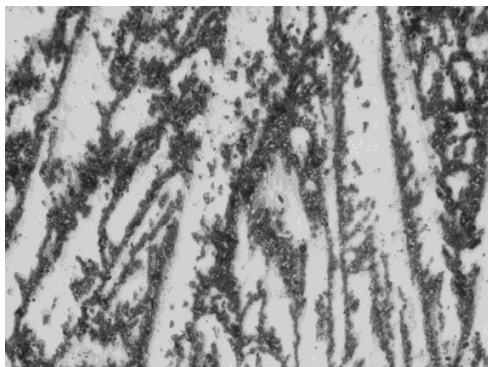


Рис. 6. Микроструктура сплава ЗВ14КБ при соотношении Cr/C = 12,4

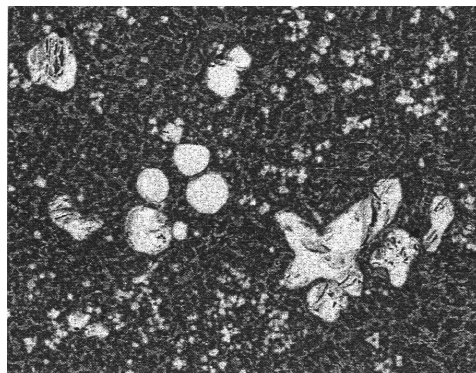


Рис. 7. Микроструктура сплава ЗВ14КБ с содержанием 6 % ниобия при соотношении Cr/C = 9,1

сплава с таким соотношением в контакте с образцом из стали ШХ15 максимальный, а суммарный износ сплава, содержащего 6 % ниобия, минимален. Это по-видимому связано с тем, что грубые карбиды $Cr_{23}C_6$ (рис. 6), которые наблюдаются в сплаве ЗВ14КБ с соотношением $Cr/C = 12,4$, изнашивают контрообразец из стали ШХ15. Напротив, карбиды ниобия, образующиеся в сплаве ЗВ14КБ с 6 % ниобия, как это видно из рис. 7, обладают округлой формой и практически не изнашивают контрообразец. Это позволяет рекомендовать этот сплав для наплавки подшипника качения высоконагруженных агрегатов, таких как нефтяные долота.

Проведенные исследования показали, что сплав типа стеллит ЗВ14КБ не является универсальным. В зависимости от условий эксплуатации детали необходимо использовать сплав с различным соотношением хрома и углерода. Для деталей, работающих в абразивных средах, необходимо использовать сплавы с минимальным соотношением Cr/C , а для деталей, работающих в условиях трения металла по металлу – с максимальным соотношением Cr/C . Кроме того, в последнем случае в сплав необходимо вводить сильные карбидообразующие элементы типа ниобия, тантала и гафния для образования мелких карбидов глобулярной формы.

Список литературы

1. Топеха П.К. Основные виды износа металлов. – М.: Машгиз, 1962. – 383 с.
2. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследования изнашивания металлов. – М.: Издательство АН СССР, 1960. – 352 с.
3. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. – М.: Машиностроение, 1966. – 332 с.
4. Кащеев В.Н. Процессы в зоне фрикционного контакта металлов. – М.: Машиностроение, 1978. – 213 с.

Получено 5.07.2010