

завдання барабана, зменшення обертів привідних валів соломотраса і решіт, а відповідно збільшення врат зерна за молотаркою.

Список літератури

1. Іванов А.В. Внешнее воздействие на эффективность мощность двигателя [Текст] / А.В.Иванов, О.А.Поляков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – №6. – С. 23 – 24.
2. Демко А.А. Визначення пропускної здатності молотильно-сенаруючого пристрою зерноозбирального комбайна [Текст] / А.А. Демко, О.В.Надточий, О.А.Демко // Технічний сервіс машин для рослинництва: вісник ХНТУСГ. Вип. 121. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – С. 74 – 79.
3. Іванов В.П. Исследование неравномерности урожайности хлебной массы на коротких участках [Текст] / В.П. Иванов // Сб. н. тр. РОСНИИТМ. – Новосибирск, 2005. – С. 32 – 36.
4. Аиферов С.А. Динамика зерноуборочного комбайна [Текст] / С.А.Аиферов. – М.: Машиностроение, 1973. – 143 с.

ПРОДЪКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВОБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ КАК ПРОИЗВОДНАЯ ФЛУКТУАЦИЙ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЯ

Демко А.А., Демко А.А., Надточий А.В.

Исследовано влияние неравномерности урожайности хлебосток на площадь поля на эффективность использования комбайнов из за изменения пропускной способности и загрузки МСУ и увеличения крутящего момента привода барабана.

Abstract

PRODUCTIVITY OF GRAIN HARVESTERS AS A DERIVATIVE OF FLUCTUATIONS IN YIELD FIELDS

A. Demko, A. Demko, A. Nadochity

The explored influence to unevenness to productivities of the bread mass on area of the field on efficiency of the use combine turning moment of the drive of the drum and loading MSU and increase turning moment of the drive of the drum.

УДК 621.822.1:669.017.3

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ БАБИТОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТНУЮ ЭНЕРГИЮ СТАЛЬНОЙ ПОДЛОЖКИ

Тарельник В.Б., профессор, Дзюба А.В., аспирант, Бакай Г.А., старший преподаватель

(Сумской национальный аграрный университет)

Представлена результативная анализ влияния температуры формирования антифрикционных бабитовых покрытий на поверхность стальной подложки. Установлено наиболее благоприятное соотношение параметров формирования бабитовых антифрикционных покрытий. Предложено использовать для формирования антифрикционных бабитовых покрытий метод

Введение. Повышение надежности и долговечности работы машин и механизмов за счет уменьшения интенсивности их изнашивания связано с проблемами повышения износостойкости и надежности узлов трения. Для повышения работоспособности трения деталей машин, наряду с традиционными методами, таким как поверхность пластическое деформирование, термическая, химико-термическая и химическая обработка, применяются также и композиционные материалы типа основа покрытие, сочетающие в себе защитные свойства покрытия с механической прочностью основы. Применение покрытий обуславливается еще и тем, что разрушение детали начинается, как правило, с поверхности. Таким образом исследование процессов формирования покрытий, направленных на повышение их качества, свойствами для узлов трения скользящих, в данном случае подшипников скользящих (ПС), является актуальной задачей.

Анализ основных достижений и публикаций. При изготовлении вкладышей ПС наиболее широко применяют антифрикционные сплавы на основе оловянной и свинцовой основы (бабиты). Основные требования, предъявляемые к антифрикционным сплавам, определяются условиями работы вкладышей подшипников (ВП). Эти сплавы должны иметь достаточную твердость, но не очень высокую, чтобы не вызвать сильного износа вала; сравнительно легко деформироваться под влиянием местного напряжения; удерживать смазочный материал на поверхности; иметь малый коэффициент трения между валом и подшипником. Кроме того, в значительной степени работоспособность ПС влияет качество спечения антифрикционных бабитового слоя с подложкой [1].

В [2] качество покрытия характеризуется следующими свойствами:

прочностью сцепления покрытия с основой, когда толщина прочностного слоя, пористостью, равномерной толщиной покрытия, уровнем остаточных напряжений, однородностью структуры и свойств покрытия.

В [3] утверждается, что прочность сцепления железных покрытий с матрицей зависит от многих факторов и условий выполнения технологического процесса. Определяющее влияние на сцепление оказывают химический состав матрицы и детали, его термическая обработка, механические условия электрохимических операций, начальные и последующие режимы электроосаждения.

В [4] описаны способы нанесения бабиты на основу в виде:

ручная заливка, центробежная заливка, под давлением, газотермическое напыление. Как правило, во всех случаях основой для напыления является Ст-20 (ГОСТ 1050-88). Хотя могут использоваться и другие материалы. При заливке в качестве основы из чугуна поверхности, на которые наносится бабитовый слой, никелируются [5].

В последние годы для изготовления и ремонта ПС нашли применение несколько новых методов: гальваническое наращивание и штамповка в температурном интервале [6, 7]. Кроме того, для нанесения антифрикционных покрытий все шире используется метод электроосаждения бабитового слоя [8].

Следует отметить, что температура стальной подложки при различных способах нанесения антифрикционного бабитового слоя может значительно отличаться. Так, например, гальваническое наращивание протекает при комнатной температуре. Согласно [4], при газотермическом напылении температура подложки до 100°C , при ручной и центробежной заливке температура лужения составляет $300 \pm 10^\circ\text{C}$, а заливки бабита $420 \pm 10^\circ\text{C}$. При электроосаждении температура разряда, возникающая между двумя электродами, в зависимости от емкости конденсатора, составляет $7200 - 10200^\circ\text{C}$ [9].

Согласно [10], атомы в кристаллическом твердом теле располагаются в пространстве закономерном, периодически повторяясь в трех измерениях через строго определенные расстояния, т.е. образуя кристаллическую решетку. Железо, в зависимости от температуры, может иметь две различные кристаллические решетки: объемно-центрированную кубическую (ОЦК) и гранецентрированную кубическую (ГЦК) (рис. 1). Это явление называется полиморфизмом. Температура при которой осуществляется переход из одной модификации в другую, носит название температуры полиморфного (аллотропического) превращения. Так, железо имеет две температуры полиморфного превращения: 911 и 1392°C .

Внутри твердого тела каждый атом кристалла окружен другими атомами, связан с ними прочно по всем направлениям, а у атомов, расположенных на поверхности, с внешней стороны нет «соседей» в виде таких же атомов. В связи

В [2] качество покрытия характеризуется следующими свойствами:

прочностью сцепления покрытия с основой, когда толщина прочностного слоя, пористостью, равномерной толщиной покрытия, уровнем остаточных напряжений, однородностью структуры и свойств покрытия.

В [3] утверждается, что прочность сцепления железных покрытий с матрицей зависит от многих факторов и условий выполнения технологического процесса. Определяющее влияние на сцепление оказывают химический состав матрицы и детали, его термическая обработка, механические условия электрохимических операций, начальные и последующие режимы электроосаждения.

В [4] описаны способы нанесения бабиты на основу в виде:

ручная заливка, центробежная заливка, под давлением, газотермическое напыление. Как правило, во всех случаях основой для напыления является Ст-20 (ГОСТ 1050-88). Хотя могут использоваться и другие материалы. При заливке в качестве основы из чугуна поверхности, на которые наносится бабитовый слой, никелируются [5].

В последние годы для изготовления и ремонта ПС нашли применение несколько новых методов: гальваническое наращивание и штамповка в температурном интервале [6, 7]. Кроме того, для нанесения антифрикционных покрытий все шире используется метод электроосаждения бабитового слоя [8].

Следует отметить, что температура стальной подложки при различных способах нанесения антифрикционного бабитового слоя может значительно отличаться. Так, например, гальваническое наращивание протекает при комнатной температуре. Согласно [4], при газотермическом напылении температура подложки до 100°C , при ручной и центробежной заливке температура лужения составляет $300 \pm 10^\circ\text{C}$, а заливки бабита $420 \pm 10^\circ\text{C}$. При электроосаждении температура разряда, возникающая между двумя электродами, в зависимости от емкости конденсатора, составляет $7200 - 10200^\circ\text{C}$ [9].

Согласно [10], атомы в кристаллическом твердом теле располагаются в пространстве закономерном, периодически повторяясь в трех измерениях через строго определенные расстояния, т.е. образуя кристаллическую решетку. Железо, в зависимости от температуры, может иметь две различные кристаллические решетки: объемно-центрированную кубическую (ОЦК) и гранецентрированную кубическую (ГЦК) (рис. 1). Это явление называется полиморфизмом. Температура при которой осуществляется переход из одной модификации в другую, носит название температуры полиморфного (аллотропического) превращения. Так, железо имеет две температуры полиморфного превращения: 911 и 1392°C .

Внутри твердого тела каждый атом кристалла окружен другими атомами, связан с ними прочно по всем направлениям, а у атомов, расположенных на поверхности, с внешней стороны нет «соседей» в виде таких же атомов. В связи

с этим в поверхностном слое у атомов твердого тела остаются свободные связи, наличие которых создает вблизи поверхности атомное (молекулярное) притяжение.

Поверхностные атомы вследствие свободных связей обладают большей энергией, нежели атомы внутри твердого тела. Избыток энергии, отнесенной к единице поверхности, называется удельной поверхностной энергией или просто поверхностной энергией [11].

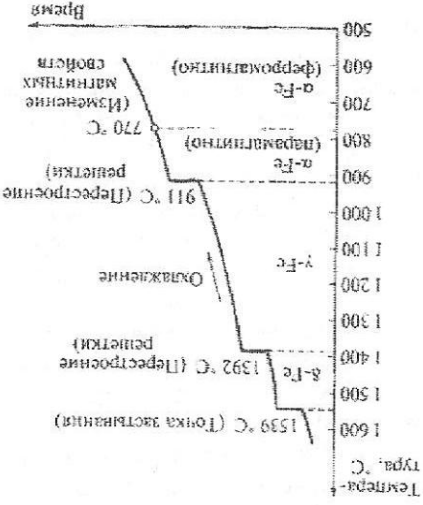
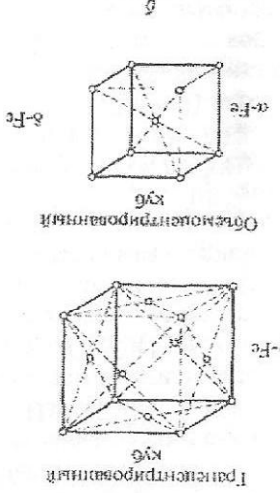


Рисунок 1 – Кривая охлаждения железа (а) и структура кристаллической решетки модифициций железа (б)



При использовании метода ЭЭЛ высокая скорость теплоотвода приводит к тому, что в пределах толщин поверхности слоев порядка нескольких микрометров температура быстро падает до температур плавления и соответствующих фазовых превращений. В связи с этим кристаллизационные фазовые превращения, диффузия и химическое взаимодействие происходят в основном в объеме материала, приводя к образованию

Учитывая большое количество методов формирования антифрикционного бабитового слоя на стальной подложке, протекающих при различных температурах, возникает научная и практическая необходимость определения энергии связи атомов в кристаллических решетках железа, соответствующих этим температурам.

Анализ температурных режимов формирования антифрикционного бабитового слоя показал, что при всех методах, кроме метода ЭЭЛ, в стальной подложке сохраняется решетка α-Fe, типа ОЦК.

При использовании метода ЭЭЛ высокая скорость теплоотвода приводит к тому, что в пределах толщин поверхности слоев порядка нескольких микрометров температура быстро падает до температур плавления и соответствующих фазовых превращений. В связи с этим кристаллизационные фазовые превращения, диффузия и химическое взаимодействие происходят в основном в объеме материала, приводя к образованию

неравномерных структур с очень мелким зерном, высокой гетерогенностью по составу, структуре и свойствам [12].

Рентгенографические исследования показали, что практически во всех случаях в сформированном слое фиксируется высокотемпературная модифицированная железа γ -Fe и материала анода, если он претерпевает при нагреве полиморфные превращения. При этом количество γ -Fe увеличивается с ростом времени обработки независимо от используемого материала анода. После ЭЭМ параметр решетки α -Fe уменьшается, причем это наблюдается при анодах из Fe, Cr, Mo, W, Ti, Ag и Pb, что, очевидно, связано с закалкой вакансий [9].

Таким образом, целью работы является повышение качества сцепления стальной подложки с антифрикционным бабитовым слоем путем определения энергии связи атомов в ОЦК и ПЦК решетках железа.

Изложение основного материала исследования. На примере железа подсчитаем энергию связи атомов в 1 м^3 в зависимости от типа кристаллической решетки: ОЦК и ПЦК.

На одну элементарную ячейку ОЦК решетки в целом приходится два атома: один атом в центре куба и один атом суммарно вносят атомы, расположенные в вершинах куба (каждый атом в вершине куба одновременно принадлежит восьми сопряженным элементарным ячейкам и на данную ячейку приходится лишь $1/8$ этого атома, а на всю ячейку $1/8 \times 8 = 1$ атом). На элементарную ячейку ПЦК решетки приходится четыре атома: из них один атом (так же, как и для ОЦК решетки) вносят атомы в вершинах куба, а три суммарно $((1/2) \times 6 = 3)$ вносят атомы, находящиеся на пересечении диагоналей граней, так как каждый из таких атомов принадлежит двум решеткам [13].

Для определения количества атомов в 1 м^3 каждой решетки необходимо найти количество элементарных ячеек этих решеток.

Согласно [13], в элементарной кубической решетке расстояние между центрами атомов, находящимися в вершинах куба обычно называют параметром a , который для ОЦК определяется по формуле:

$$(1) \quad a_{\text{ОЦК}} = \frac{4R}{\sqrt{3}},$$

$$a_{\text{ОЦК}} = \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{4 \cdot 0,126 \text{ нм}}{\sqrt{3}} = 2,909847 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

(2)

$$a_{\text{ПЦК}} = \frac{4R}{\sqrt{2}},$$

$$a_{\text{ПЦК}} = \frac{\sqrt{2}}{4} = \frac{4 \cdot 0,126 \cdot 10^{-12}}{\sqrt{2}} = 3,563818 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Далее находим количество элементарных ячеек n в 1 м^3 :

$$(3) \quad n = \left(\frac{a}{1} \right)^3,$$

для ОЦК решетки:

$$n_{\text{ОЦК}} = (3,436606 \cdot 10^9)^3 = 4,058721 \cdot 10^{28},$$

для ПЦК решетки:

$$n_{\text{ПЦК}} = (2,209292 \cdot 10^9)^3 = 2,209292 \cdot 10^{28}.$$

Зная количество атомов в элементарной ячейке каждой решетки, находим количество атомов в 1 м^3 для каждой из них:

для ОЦК решетки:

$$(4) \quad n_{\text{атомовОЦК}} = 2n, \quad n_{\text{атомовОЦК}} = 2 \cdot 4,058721 \cdot 10^{28} = 8,117442 \cdot 10^{28} \text{ (атомов)},$$

для ПЦК решетки:

$$(5) \quad n_{\text{атомовПЦК}} = 4n, \quad n_{\text{атомовПЦК}} = 4 \cdot 2,209292 \cdot 10^{28} = 8,837168 \cdot 10^{28} \text{ (атомов)}$$

Подсчитаем разницу количества атомов $\Delta n_{\text{атомов}}$ Fe в 1 м^3 в зависимости от типа кристаллической решетки:

$$(6) \quad \Delta n_{\text{атомов}} = n_{\text{атомовПЦК}} - n_{\text{атомовОЦК}} = 8,837168 \cdot 10^{28} - 8,117442 \cdot 10^{28} = 0,719726 \cdot 10^{28} \text{ (атомов)}$$

что в процентах составит 8,14%.

Получается, что в гранецентрированной кубической решетке на 8,14% атомов больше чем в объеме центрированной кубической решетке. Определим энергию связи атомов железа через теплоту сублимации для железа, которая составляет, согласно [15] 416 кДж/г. атом.

Энергия связи атомов определяется количеством энергии, которую необходимо затратить для разрыва их связи [16].

В одном моле Fe находится один моль атомов, равный числу Авогадро $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. Следовательно на один атом Fe затрачивается энергия $E_{\text{атомов}}$:

$$E_{\text{атомов}} = \frac{416 \cdot 10^3}{6,022 \cdot 10^{23}} = 69,08 \cdot 10^{-20} \text{ Дж.}$$

Определим энергию связи атомов в каждой из решеток:

$$(7) \quad E_{\text{связи}} = E_{\text{атомов}} \cdot n_{\text{атомов}}$$

для ОЦК решетки:

$$E_{\text{связи}} = 69,08 \cdot 10^{-20} \cdot 8,117442 \cdot 10^{28} = 560,7528 \cdot 10^8 \text{ Дж}$$

для ПЦК решетки:

9. Электронское легирование металлических поверхностей [Текст] / А.Е. Тимлеви, В.В. Мухоморов, Н.В. Парканская, В.М. Ревутский – Кишинев: Штинния, 1985. – 196 с.
10. Тушев А.П. Металловедение [Текст] / А.П. Тушев. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
11. Гаргунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность) [Текст]: учебник / Д.Н. Гаргунов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.
12. Верхогуров А.Д. Технология электронского легирования металлических поверхностей [Текст] / А.Д. Верхогуров, И.М. Муха – К.: Техника, 1982. – 181 с.
13. Лахтин Ю.М. Металловедение [Текст]: учебник для машиностроительных вузов – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.
14. Рейтер Л.Т. Теоретичні розділи загальної хімії [Текст]: навч. посібник / Л.Т. Рейтер, О.М. Степаненко, В.П. Басов. – К.: Каравела, 2003. – 344 с.
15. Листич Л.С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений [Текст] / Л.С. Листич, А.Н. Хакимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.
16. Комяченко Г.П. Химия для поступающих в вузы [Текст]: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1985. – 367 с.

Анотація

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ФОРМУВАННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ БАБИТОВИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНЕВУ ЕНЕРГІЮ СТАЛЬНОЇ ОСНОВИ

Тарельник В.Б., Дзюба О.В., Бакай Г.А.

Представлені результати аналізу впливу температури формування антифрикційних бабитових покриттів на поверхневу енергію сталеної основи. Встановлено наявність близької енергії зв'язку атомів в границях кристалічних решіток в порівнянні з об'ємно центрованою кристалічною решіткою. Запропоновано використання для формування антифрикційного бабитового шару метод електророзітного легування.

Abstract

INFLUENCE OF TEMPERATURE OF FORMING ANTI-FRICTIONAL BABBIT COATINGS SURFACE ENERGY OF THE STEEL SUBSTRATE

V. Tarelnik, A. Dziuba, G. Bakaj

The results of the analysis of the influence of the temperature of forming anti-friction coatings on Babbit surface energy of the steel substrate. The presence of higher binding energy of atoms in the fcc lattice compared to a body-centered lattice is proposed to use for the formation of anti-friction babbitt layer doping method.

Такий образом, разница энергии связи атомов в ОЦК и ПЦК решетке ($\Delta E_{связи}$) составляет:

$$\Delta E_{связи} = E_{связиПЦК} - E_{связиОЦК} = 49,7187 \cdot 10^8 \text{ Дж} \quad (8)$$

1. Наличие в ПЦК решетке большей энергии связи атомов чем в ОЦК решетке позволяет ожидать в ней и большей поверхностной энергии. Это подтверждается наличием диффузионной зоны при ЭЗЛ стали 20, например, оловом и медью. При нанесении олова лужением диффузионная зона не наблюдается.

2. При формировании бабитового слоя подпитника скольжения предпочтительнее отдавать методу ЭЗЛ, обеспечивающему по сравнению с другими методами более прочную связь наносимого слоя с подложкой.

Список литературы

1. Тарельник В.Б. Повышение качества подшипников скольжения [Текст] / В.Б. Тарельник, В.С. Маршанковський, В. Антосевский. – Сумы: МакДен, 2006. – 160 с.
2. Лузан С.О. Предлагаемые общие принципы управления качеством газопламенных покрытий при восстановительном ремонте деталей [Текст] / Лузан С.О. – Механика та машинобудування. – 2011, № 2. – С.211-219.
3. Плетка Е.Д. Спешенные железные покрытия со сталью и чугуном [Текст] / Е.Д. Плетка // Электронная обработка металлов. – 2008, № 2. – С. 17-24
4. Тапашаево И.Г. Конструкционные материалы центробежных и винтовых компрессоров. Выбор и технология их применения [Текст] / И.Г. Тапашаево. – Казань: Изд-во «ФЭН», 2009. – 155 с.
5. Сегать А.В. Технология производства центробежных и винтовых компрессоров и холодильных машин [Текст] / А.В. Сегать. – Казань: Изд-во «ФЭН», 2009. – 212 с.
6. Лебедева А.П. Восстановление деталей машин [Текст] / А.П. Лебедева, Т.Н. Подорова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
7. Барактин Н.П. Р.Ф. Фазовых процессов. Изготовление подшипников скольжения с применением штамповки антифрикционного слоя в условиях кристаллизации и последующей пластической деформации [Текст] / Н.П. Барактин, Р.Ф. Фазовых // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2006. – №9. – С. 27-29.
8. Тарельник В.Б. Анализ технологии нанесения антифрикционных покрытий подшипников кования [Текст] / В.Б. Тарельник, О.В. Дзюба. // Технический сервис машин для расширения рынка. – 2013. – №4 – 251.