

Полученные зависимости были использованы нами при проектировании опытных образцов винтовых высевальных аппаратов для мелких сыпучих семян, испытания которых в лабораторных и полевых условиях показали хорошие результаты.

Литература:

1. Добронравов В.В., Никитин В.В., Дворников А.Л. Курс теоретической механики: М.: «Высшая школа». 1968.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: «Наука», 1968.

УДК 631.03

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ЦПГ

И.Р. Салахутдинов, инженер,

А.Л. Хохлов, кандидат технических наук, доцент,

А.А. Глуценко, ст. преподаватель,

К.У. Сафаров, кандидат технических наук, профессор.

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

432980, г. Ульяновск, б-р Новый Венец, 1, тел. 8(84231) 5-11-75

433431, Ульяновская область, Чердаклинский район, пос. Октябрьский

*ул. Студенческая инженерный факультет, кафедра эксплуатации мобильных машин
и технологического оборудования*

Ключевые слова: износ, трущаяся поверхность, гильза, биметаллизация, коэффициент трения, адгезионная связь, модуль упругости, площадь контакта

Keywords: the deterioration, a rubbing surface, a sleeve, bimetallic, friction factor, adhesive communication, the elasticity module, the contact area

Приведено теоретическое обоснование применения цветных металлов для снижения износа трущихся поверхностей. Установлена зависимость коэффициента трения от свойств используемого металла. Обоснован выбор материала для биметаллизации поверхности.

Современные автомобили оснащаются форсированными дизельными и бензиновыми двигателями с высокой удельной мощностью. Они работают в широком диапазоне нагрузок и скоростных режимов, в различных почвенных и климатических условиях, в условиях повышенной запыленности атмосферного воздуха и значительных перепадов его температуры в течение всего года. Во время работы двигателя на цилиндропоршневую группу воздействуют большие переменные динамические нагруз-

ки, абразивные и газовые среды, высокие температуры и давления.

В результате гильза цилиндров во время работы двигателя испытывает значительные переменные механические и тепловые нагрузки, подвергается воздействию коррозионных веществ и абразивных частиц. Высокое давление и температура приводят к выгоранию масляной пленки и разжижению её топливозооужной смесью, ухудшая смазывание внутренней поверхности. Воздействие повышенных температур вызывает так-

же снижение механических свойств чугуна – материала гильзы цилиндров. Воздействие этих факторов вызывает износ гильзы цилиндров, что снижает мощность двигателя, увеличивает расход топлива и масла на угар, ухудшает пусковые свойства двигателя, может привести к поломке поршневых колец, задиру гильзы. После ремонта снижаются механические свойства обработанной внутренней поверхности гильзы и её твердость, нарушается взаимное расположение внутренней поверхности и посадочных поясков, что усиливает воздействие отрицательных факторов и снижает износостойкость гильзы цилиндров. Таким образом, условия работы цилиндропоршневой группы обуславливают быстрое изнашивание гильз цилиндров, и требуются дополнительные мероприятия по повышению их износостойкости, особенно после ремонта [1].

Площадь контакта трущихся поверхностей может быть представлена как номинальная (геометрическая) площадь контакта (рис. 1) S_H – геометрическое место всех возможных фактических площадок контакта; контурная площадь касания S_K , образованная объемным смятием тел (площадь расположения фактических площадей контакта); фактическая (физическая) площадь контакта S_ϕ – представляющую собой сумму фактических малых площадок контактов тел.

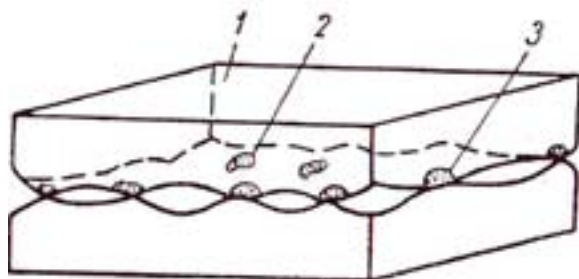


Рис. 1. - Схема контакта поверхностей: 1 – номинальная площадь контакта; 2 – контурная площадь контакта; 3 – фактическая площадь контакта

Процесс работы трибоузла происходит следующим образом. Под влиянием приложенной нагрузки отдельные контак-

тирующие неровности сжимаются, через них передается нагрузка на волнистое основание поверхности. Две поверхности сближаются и в соприкосновение входит все большее количество отдельных выступов. Одновременно увеличивается площадь смятия вершин волн. Таким образом, происходит изменение фактической площади касания [2].

Поскольку трущиеся поверхности всегда волнисты, шероховаты и неоднородны по своим механическим свойствам, происходит внедрение более жесткого элемента поверхности в более мягкое контртело. Внедрившийся элемент, перемещаясь в тангенциальном направлении, деформирует нижележащий материал, образуя впереди него полусферический валик. Величина валика зависит от относительного внедрения $\frac{h}{R}$ (где h – глубина внедрения, мкм, R – радиус внедрившейся поверхности, мкм), прочности мостика сварки и прочности адгезионной связи $\frac{\tau}{\sigma_s}$ (где σ_s – предел текучести материала), возникающей между пленками, покрывающими поверхности трущихся тел.

Таким образом, одной из причин возникновения износа является нарушение условий пластического оттеснения материала одной из трущихся поверхностей. Под воздействием нагрузки увеличивается глубина внедрения микронеровностей поверхности, что приводит к переходу от упругой к пластической деформации и далее к микрорезанию или задиру (переход внешнего трения, при контакте двух тел, во внутреннее). Условие прекращения обтекания, соответствующее переходу внешнего трения во внутреннее, описывается выражением [1]:

$$\frac{h}{R} \geq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2\tau}{\sigma_s} \right), \quad (1)$$

где h – глубина внедрения, мкм; R – радиус сферического индентора (внедрившейся поверхности), мкм; τ – прочность на срез адгезионной связи, МПа;

σ_s - предел текучести материала, МПа.

Как видно из соотношений, для осуществления внешнего трения необходимо, чтобы прочность на сдвиг тонкого поверхностного слоя была бы меньше прочности основного материала. Чем она меньше, тем далее отодвигается порог внешнего трения. Важным фактором, влияющим на данный процесс, является различие между прочностью адгезионной связи и прочностью нижележащих слоев. Если адгезионная связь менее прочна, чем нижележащий слой, то имеет место положительный градиент механических свойств по глубине, т.е. [1]:

$$\frac{d\sigma_x}{dz} > 0, \quad (2)$$

где σ_x - разрушающее напряжение в направлении плоскости касания, МПа; z - координата, перпендикулярная к плоскости касания, мкм.

При этом условии имеет место внешнее трение. Таким образом, для снижения износа и образования положительного градиента, необходимо уменьшить прочность тонкого поверхностного слоя. Это можно сделать методом биметаллизации трущейся поверхности, что позволит увеличить площадь контакта и снизить коэффициент трения и износ.

Для расчета площади контакта используется следующие расчетные модели:

- упругое контактирование в виде набора сфер;
- контактирование единичных неровностей;
- упруго-пластическое контактирование с жесткой плоскостью.

Проведя анализ существующих расчетных моделей, можно заключить, что определение площади контакта может быть произведено по формуле

$$S_K = 3,4 \left[\frac{P_C}{E} \left(\frac{R^{\frac{1}{2}}}{h_{\max}^{\frac{1}{2}}} \right) \right]^{\frac{10}{11}}, \quad (3)$$

где P_C - контурное давление, МПа; E - модуль упругости, Н/м², R - радиус выступов, мкм; h - высота выступов, мкм.

Как видно, площадь касания зависит от нагрузки в трибоузле, расположением неровностей по высоте, их геометрическим очертанием и механических свойств, из которых наиболее существенным является модуль упругости. Таким образом, для снижения износа (предотвращения образования локальных мест деформации материала трущихся поверхностей) необходимо увеличить площадь контакта. Это возможно за счет увеличения чистоты обработки трущихся поверхностей при их изготовлении. Однако в настоящее время это практически невозможно. Поэтому решение данной проблемы возможно использованием биметаллизации трущихся поверхностей цветными металлами. При покрытии трущейся поверхности более мягкими металлами в процессе приработки происходит заполнение впадин и выравнивание общей поверхности, что позволяет увеличить площадь контакта. Кроме того, эти металлы имеют меньшую прочность на сдвиг, чем основной материал, что позволяет реализовать положительный градиент механических свойств по глубине (2) и предотвратить переход внешнего трения во внутреннее.

Эффективность использования для биметаллизации различных металлов может быть оценена по величине коэффициента трения

$$f = f_{ad2} + f_{def} = \frac{\tau_o}{P_C} + \beta + K \sqrt{\frac{h}{R}}, \quad (4)$$

где f_{ad2} - адгезионный коэффициент трения; f_{def} - деформационный коэффициент трения; β - коэффициент, зависящий от геометрических параметров поверхности; K - количество выступов на трущейся поверхности.

Поскольку деформационная составляющая не велика, ею можно пренебречь

$$f = f_{ad2} = \left(\frac{R}{h} \right)^{\frac{3}{7}} \frac{3\tau_o}{P_C^{\frac{1}{6}} E^{\frac{1}{6}}} + \beta. \quad (5)$$

Как видно, адгезионная составляющая определяется отношением тангенциальной прочности адгезионной связи к модулю упругости и гладкостью поверхности.

Причина переноса металла на поверхность заключается в том, что поверхностная энергия твердых тел различна. Поэтому контактное тело с меньшей поверхностной энергией стремится намазаться на тело с большей поверхностной энергией, при этом необходимо условие, что намазывающееся тело должно быть пластичным [2].

Таблица 1.

Данные поверхностной энергии металлов

Металл	Свинец	Олово	Алюминий	Медь	Латунь	Сталь
Энергия, эрг/мм ²	900	1200	1800	2200	2600	3000

Исходя из этого для биметаллизации трущихся поверхностей необходимо выбирать металл, имеющий минимальную тангенциальную прочность и наибольший модуль упругости. Из существующих цветных металлов, доступных для широкого использования, наиболее всех подходит медь, имеющая $E = 12,3 \cdot 10^{10}$ Н/м², в то время как латунь $9,8 \cdot 10^{10}$ Н/м², а бронза – $10,8 \cdot 10^{10}$ Н/м². Поэтому для биметаллизации поверхностей предлагается использовать медь.

Для проверки изложенных выкладок проводились исследования изменения коэффициента трения и износа от площади покрытия трущейся поверхности медью[3-4].

На основании результатов исследований получено уравнение регрессии:

$$Y = 0,5142 - 0,0159X_1 - 1,6898X_2 + 9,9544E - 5X_1^2 + 0,0408X_1X_2 + 1,7572X_2^2, \quad (6)$$

где Y – износ образцов, мг; X_1 – коэффициент трения; X_2 – площадь покрытия, %.

Результаты исследований показывают, что наименьший износ трущихся поверхностей соответствует максимальной площади покрытия трущейся поверхности металлом вставки. По данным исследований выявлено, что покрытие трущейся медью на 82...86 % дает снижение износа образцов в 3 раза

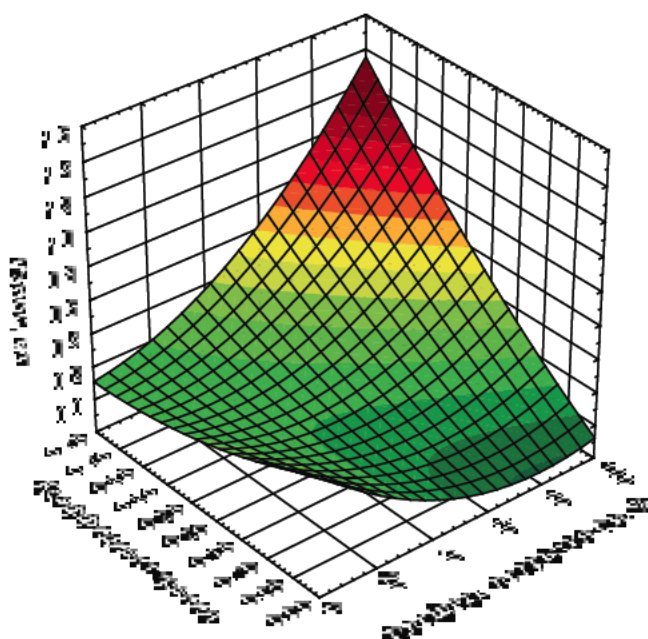


Рис. 2. - Поверхность отклика от взаимодействия коэффициента трения и площади покрытия

Литература:

1. Симдянкин, А.А. Контактное силовое взаимодействие деталей цилиндрической группы. – С.: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. – 42 с.
2. Крагельский, И.В. Трение и износ. – М.: «Машиностроение», 1968. – 34 с.
3. Методы экспериментальной оценки фрикционной совместимости материалов трущихся сопряжений РД 50-662-88 /

Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 8 с.

4. Машина для испытаний материалов на трение и износ. Заводское обозначение 2070 МСТ-1: Инструкция по эксплуатации. Союзточмашприбор. – Завод испытательных приборов. – Иваново, 1987. – 38 с.

УДК 631.331.5

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И КАЧЕСТВО ГРЕБНЯ

В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.В. Бирюков

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

тел. 8(84231)5-11-75, 8-905-348-65-14

Ключевые слова: гребень почвы, пропашные культуры, сошник, влажность почвы, посев, каток, комбинированные агрегаты, сеялка, стрельчатая лапа

Key words: ridge soil, row crops, shovel, soil moisture, from sowing roller, combo units, drill, lancet paw

Предложен комбинированный сошник для гребневого способа посева, позволяющий выполнять три операции за один проход агрегата и образовывать гребни почвы требуемых размеров и с заданной плотностью почвы. Определены пределы влажности почвы, при которых возможно применение комбинированного сошника. Выявлено, что оптимальная влажность почвы должна находиться в пределах 20...26 %.

Технологический процесс производства пропашных культур включает несколько технологических операций: основную и предпосевную обработку почвы, посев, уход за посевами и др. Одним из способов энергосбережения является исключение одной и более технологических операций обработки почвы. Это один из эффективных путей снижения денежных затрат и повышения производительности труда.

С целью повышения качества и снижения эксплуатационных затрат на посев пропашных культур разработана конструкция комбинированного сошника [1, 2, 3, 4], устанавливаемого на сеялке-культиваторе. Данной сеялкой одновре-

менно выполняют предпосевную культивацию, высев семян пропашных культур на влажное уплотненное ложе, образование валка почвы над посеянными семенами и прикатывание с образованием на поверхности рядка гребня. Выполнение вышеперечисленных операций без разрыва во времени позволит улучшить условия для развития семян, снизить расход топлива на выполнение технологических операций, а также повысить урожайность высеваемой культуры.

Сошник (рис. 1) содержит стрельчатую лапу 1, стойку 2, полый семяпровод 3, плоские щитки 4 и прикатывающий каток 5. Плоские щитки 4 выполнены в форме прямоугольника и установлены