

удовлетворять по прочностным характеристикам условиям работы подшипникового узла. Разработано два типа оборудования для нанесения полимерных антифрикционных покрытий – напыление порошков и распыление проволок.

Abstract

The development of technical means for the formation of polymer coatings on working surfaces of hull towers tillage machines

We propose two variants of the process of applying antifriction polymer coatings on the surfaces of these units of dry friction, a roller bearing unit culture tivatora. In theory, found that the polymer coating gas will meet letvoryat of strength characteristics of bearing hub. Develop a two types of equipment for applying the polymer antifriction coatings - application of powders and spraying wires.

УДК 621.891

ОТРАБОТКА РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Жорник В.И., к.т.н.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Камко А.И., к.т.н.

Гомельский завод литья и нормалей, г. Гомель, Республика Беларусь

К числу перспективных методов повышения износостойкости поверхностей трения относится трибомеханическое модифицирование. Процесс формирования износостойких поверхностных структур осуществляется на стадии приработки трущихся поверхностей в присутствии смазочного материала, содержащего наноразмерные твердые компоненты. Нагрузочно-скоростной режим и длительность приработки определяются материалом контактирующих тел, исходной шероховатостью рабочих поверхностей, типом применяемого прирабочного состава. Упрочнение и повышение износостойкости поверхностного слоя происходят за счет процессов интенсивной пластической деформации при трении и формировании наноразмерной ячеистой структуры, обеспечивающей снижение скорости развития микротрещин и замедленное формирование частиц износа.

Исследование влияния режимов приработки на формирование свойств поверхностей трения проводилось по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел на паре трения «медь М1 – сталь 45». В качестве смазочного материала использовалась пластичная смазка Литол-24, модифицированная наноразмерными добавками алмазографитовой шихты УДАГ.

Исследование влияния длительности процесса триботехнического взаимодействия на кинетику измельчения структуры поверхностных слоев меди М1 показывает, что начало периода стабилизации структурного состояния зависит от удельной нагрузки в контакте, в частности, замедление процесса измельчения субзерен происходит после 200-300 м пути для удельной нагрузки $p_a=20$ МПа и после 350-450 м пути для удельной нагрузки $p_a=10$ МПа, при этом размер субзерен находится для обоих случаев в пределах 0,060-0,065 мкм. Для случая испытаний пары трения «медь М1 – закаленная сталь 45» при дав-

лении $p_a=5$ МПа модифицирование поверхности трения меди М1 также наблюдается, однако степень измельчения структуры при этом не столь существенна, и размер субзерен после 350-550 м пути трения составляет 0,120-0,130 мкм.

Исследование характера изменения коэффициента трения в процессе испытания пары трения «сталь 45 – медь М1» в среде модифицированной смазки Литол-24 проводились при значениях параметра R_a исходной шероховатости образца меди М1 в диапазоне от 0,16 мкм до 10 мкм при удельной нагрузке в зоне контакта 5, 10 и 20 МПа. В частности показано, что для давления 10 МПа при $R_a=0,63$ мкм приработка сопряжения, завершение которой определялось по наступлению стадии стабилизации коэффициента трения, оканчивается после 250-270 м пути трения, а при $R_a=5,0$ мкм – после 400-450 м.

Исследование взаимосвязи исходной шероховатости поверхности трения с продолжительностью этапа приработки выявило существенное влияние удельной нагрузки на протекание процесса приработки (рисунок 1), в частности, при удельной нагрузке 5 МПа стабилизация коэффициента трения наступает после 500-600 м пути трения, при этом наблюдается слабая зависимость пути трения до стабилизации коэффициента трения от исходной шероховатости поверхности, и минимальные значения пути приработки в этом случае имеют место при исходных параметрах шероховатости в пределах $R_a=2,5-5,0$ мкм. При повышении удельной нагрузки в зоне контакта до 10-20 МПа длительность приработки сокращается, и роль исходной шероховатости поверхности в процессах приработки резко возрастает. При этом кривые зависимости пути трения до завершения приработки от параметров исходной шероховатости имеют ярко выраженные минимумы, которые находятся для давления 10 МПа в области $R_a=0,63-1,25$ мкм, для давления 20 МПа – в области $R_a=0,32-0,63$ мкм. Путь трения при приработке с удельной нагрузкой 10 МПа составляет 250-270 м, а для удельной нагрузки 20 МПа – 240-250 м.

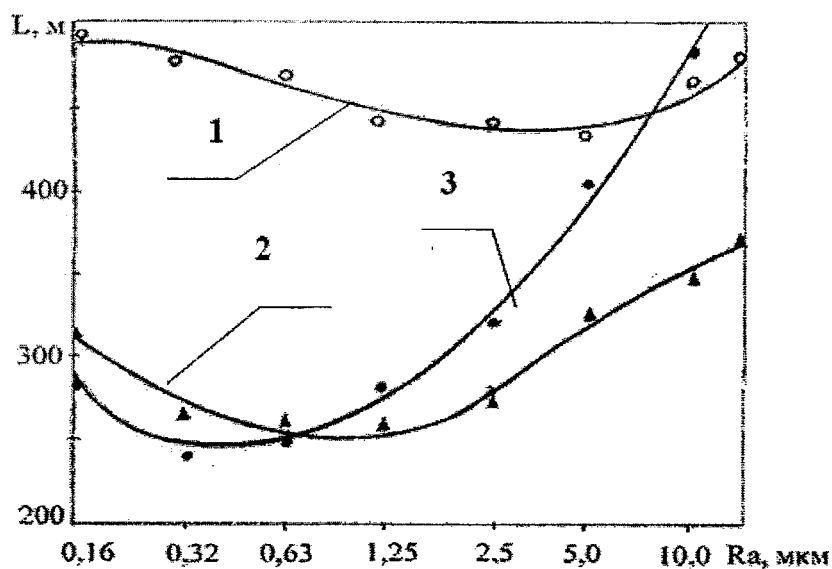


Рисунок 1 – Зависимость пути трения до завершения приработки от исходной шероховатости поверхности образца меди М1 (контртело – закаленная сталь 45, $R_a=0,63$ мкм):
1 – 5 МПа; 2 – 10 МПа; 3 – 20 МПа

Увеличение пути приработки при большой исходной шероховатости поверхности и повышенных давлениях в зоне контакта обусловлено появлением разрывов в масляной пленке и возможностью металлического контакта, сопровождающихся явлениями схватывания, вырывов на поверхности меди, что затрудняет протекание процессов приработки пары

трения. Проведенные испытания пары трения «сталь 45 – медь М1» в среде смазки Литол-24 с различным содержанием алмазографитовой добавки УДАГ показали (таблица 1), что при удельной нагрузке в зоне трибоконтакта 10-20 МПа наиболее высокие значения по износостойкости медного образца зафиксированы при концентрации УДАГ 0,75-1,0 мас.% и составляют $I = (3,5-3,8) \cdot 10^{-9}$. При удельной нагрузке 5 МПа интенсивность изнашивания несколько больше и соответствует значениям $I = (4,2-4,4) \cdot 10^{-9}$, при этом зависимость износостойкости поверхности от концентрации модификатора в смазке менее заметна.

Таблица 1 – Интенсивность изнашивания меди М1 в присутствии модифицированной смазки Литол-24 с различным содержанием УДАГ

Удельная нагрузка, МПа	Интенсивность изнашивания, $I \cdot 10^{-9}$					
	Концентрация УДАГ, мас.%,					
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
5	4,9	4,6	4,4	4,2	4,3	5,8
10	5,7	4,5	3,7	3,5	5,7	6,1
20	5,6	4,1	3,8	4,0	6,9	7,2

Вероятной причиной подобных результатов может являться недостаточный уровень контактных напряжений при удельной нагрузке 5 МПа для модифицирующего воздействия на поверхностные слои. Повышенный износ в области концентраций модификатора менее 0,75 мас.% и более 1,0 мас.% при удельных нагрузках 10-20 МПа может объясняться, по всей видимости, недостаточными физико-механическими и реологическими свойствами смазочного материала, приводящими к выдавливанию смазочного слоя из зоны контакта и возникновению металлического контакта и повышенного износа в этих случаях. Выявленные закономерности изменения структуры и свойств поверхности трения под воздействием содержащихся в смазочном материале твердых наноразмерных компонентов могут быть использованы для интенсификации процесса приработки и создания при этом поверхностных слоев с повышенной износостойкостью.

Исследование взаимосвязи исходной шероховатости поверхности трения пары «медь М1-сталь 45» с продолжительностью приработки показало, что при повышении удельной нагрузки в зоне контакта длительность приработки сокращается, и роль исходной шероховатости поверхности в процессах приработки резко возрастает. При этом для давления 10 МПа рациональный диапазон исходной шероховатости поверхности находится в области $Ra = 0,63-1,25$ мкм, а для давления 20 МПа – в области $Ra = 0,32-0,63$ мкм. Длительность фрикционной обработки, необходимой для формирования в поверхностных слоях меди при удельной нагрузке 10 МПа и относительной скорости скольжения 0,1 м/с соответствует пути трения 350-450 м; при удельной нагрузке 20 МПа и той же относительной скорости скольжения – 200-250 м. Оптимальное содержание модифицирующей добавки УДАГ – 0,75-1,0 мас.%.