

4. Заболотный, М. А. Физическая модель барабана шахтной подъемной машины / М. А. Заболотный / Проблемы и перспективы совершенствования горного оборудования: форум горняков : материалы Междунар. конф. 3—6 окт. 2012 г. — Днепрпетровск, 2012. — С. 186—193.

5. Подъемная машина [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www05.abb.com/global/...../low.pdf>. — Дата доступа: 05.04.2020.

6. Системы дискового торможения подъема шахты. Повышенный уровень безопасности, доступность и производительность [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2013/fimm/zlatova/library/article6.htm>. — Дата доступа: 05.04.2020.

7. Отгрузка системы дискового тормоза для комплектации ШПМ Ц-2,5х1,5-РД [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.midiel.com/index.php?id=11030&show=news&newsid=112104>. — Дата доступа: 05.04.2020.

УДК 621.891(075.8)

Н. Ю. Кондратчик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ РОЛИКОВ ВАЛКОВОГО ПРЕССА С РЕЛЬЕФНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

**Введение.** Процесс гранулирования — одна из наиболее важных операций в производстве минеральных удобрений. Поэтому технологии, аппаратура и оборудование, предназначенные для гранулирования, постоянно совершенствуются в целях обеспечения его высокой производительности и нормальной эксплуатации. Одной из важных и трудно решаемых проблем машиностроения является обеспечение прочности и надежности исполнительных узлов технологического оборудования, осуществляющего прессование порошковой массы. При прессовании калийных удобрений центральное место принадлежит повышению долговечности быстроизнашивающихся валков вальц-пресса, определяющих непрерывность, производительность и экономические показатели всего технологического цикла.

Для реализации технологического процесса гранулирования поверхностный слой бандажей роликов вальц-пресса должен содержать углубления, необходимые для захвата и подачи сыпучей массы в зону сдавливания между валками и выталкивания изделия после прессования. Это должно приводить к существенному изменению напряженно-деформированного состояния валков, перераспределению контактного давления и, как следствие, к изменению механизмов и интенсивности изнашивания металла [1; 2]. Следует изучить особенности трения и изнашивания бандажей, поверхностный слой которых содержит периодически повторяющиеся углубления, моделирующие рельеф рабочей поверхности натуральных валков вальц-пресса.

**Основная часть.** Испытания проводились на дисковой машине трения МД-1 по схеме контакта «бóковая поверхность ролика — плоская поверхность вращающегося диска» (рисунок 1).

Такая схема контакта реализует трение качения с проскальзыванием, возникающим вследствие того, что ролик конечной высоты движется по окружности. Ролик 1 изготавливался из высококачественной легированной стали марки 38ХНЗМФА в виде цилиндра высотой 12 мм и наружным диаметром 40 мм. Испытаниям подвергались две партии роликов. Цилиндрическая рабочая поверхность роликов первой партии выполнялась гладкой.

В соответствии с рельефом рабочей поверхности натуральных деталей вальц-пресса цилиндрическая поверхность трения ролика 1 второй партии содержала углубления 2 эллиптической формы (малая ось — 5 мм, большая — 8 мм, глубина 4 мм). Углубления располагались на расстоянии 10,7 мм друг от друга. Номинальная площадь поверхности трения ролика равнялась  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , а шероховатость гладких участков поверхности соответствовала среднему арифметическому отклонению профиля  $R_a = 0,06$  мкм. Под

действием нормальной нагрузки ролик уплотнял слой дисперсной рабочей среды 3, расположенный на диске 4. В качестве рабочей среды использовался мелкодисперсный порошок хлористого калия (KCl). Нагрузка на ролик задавалась сменными грузами через рычаг, а скорость относительного перемещения  $v$  сопрягаемых деталей — изменением расстояния ролика от оси вращения диска.

Износ образцов регистрировали методом взвешивания, а линейную интенсивность изнашивания  $I_h$  определяли по формуле [4]  $I_h = \Delta m / (\rho A_a L)$ , где  $\Delta m$  — изменение массы ролика в результате изнашивания, кг;  $\rho$  — плотность изнашиваемого материала, кг / м<sup>3</sup>;  $A_a$  — номинальная площадь поверхности трения ролика, м<sup>2</sup>;  $L$  — путь трения, мм.

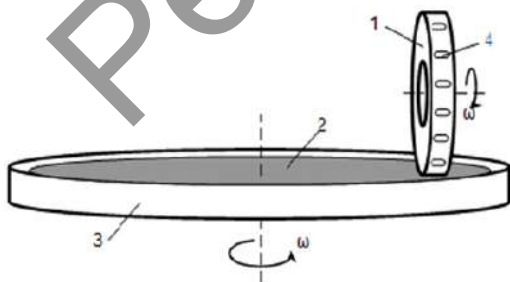


Рисунок 1 — Схема контакта образцов на дисковой машине трения МД-1

Результаты испытания показали, что повышение нормальной нагрузки  $N$  на ролики сопровождается монотонным ростом их линейной интенсивности изнашивания (рисунок 2). При этом зависимости  $I_h(N)$ , характерные для роликов с углублениями, по форме кривых подобны таковым для роликов с гладкими рабочими поверхностями и обусловлены теми же причинами [3; 4]. Так, с повышением  $N$  увеличиваются контактные деформации металла и глубина внедрения абразивных частиц, а также глубина внедрения выступов поверхностей сопрягаемых деталей, возрастает температура в зоне контакта, что в совокупности приводит к интенсификации усталостного, абразивного и окислительного изнашивания, а в целом — к росту  $I_h$ .

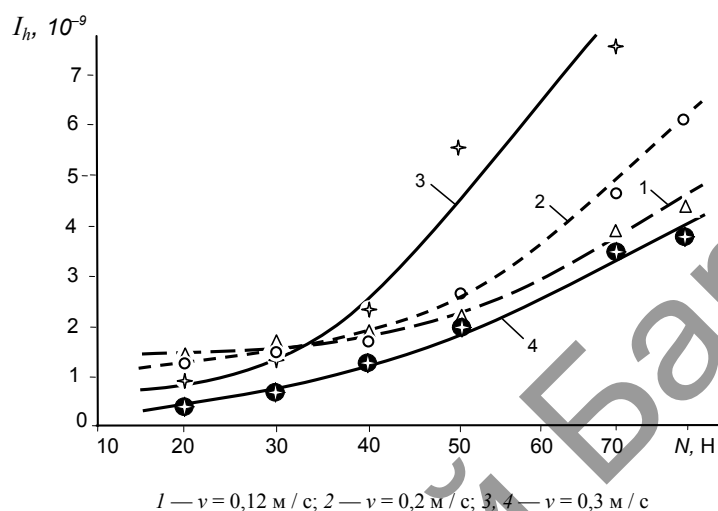


Рисунок 2 — Влияние нормальной нагрузки на интенсивность изнашивания роликов с рифленой (1—3) и гладкой (4) поверхностями трения

Установлено, что по износостойкости ролики, содержащие углубления, значительно уступают роликам с гладкой поверхностью (см. рисунок 2). Так, при  $v = 0,3$  м/с линейная интенсивность изнашивания роликов с углублениями эллиптической формы (кривая 3) в  $\sim 1,7$ — $2,5$  раза выше, чем роликов с гладкой поверхностью трения (кривая 4). Одна из причин может заключаться в том, что в момент контакта с диском прилегающие к углублениям краевые полоски поверхности трения ролика воспринимают всю нагрузку, в том числе часть той, которая должна приходиться на область углубления. Это приводит к росту контактных деформаций, пластическому оттеснению металла кромок и увеличению скорости протекания усталостных процессов в поверхностном слое.

**Закключение.** Интенсивность изнашивания валков из хромоникелевой стали с рельефной рабочей поверхностью в  $1,7$ — $2,5$  раза выше, чем валков с гладкой поверхностью. При малых скоростях относительного перемещения валки подвергаются усталостному, коррозионно-механическому и абразивному изнашиванию, интенсивность протекания которых растет с повышением контактной нагрузки. С повышением скорости кромки углублений и прилегающие к ним области разрушаются более интенсивно, причем доминирующим видом становится эрозивное изнашивание.

#### Список цитируемых источников

1. Богданович, П. Н. Трение, смазка и износ в машинах : учебник / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак, С. П. Богданович. — Минск : Техналогія, 2011. — 527 с.
2. Баюл, К. В. Разработка параметров формующих элементов валковых прессов для брикетирования мелкофракционных металлургических отходов : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.08 / К. В. Баюл. — Днепропетровск, 2008. — 173 л.
3. Ищенко, М. В. Закономерности изнашивания роликов валкового пресса в присутствии хлористого калия / М. В. Ищенко, Н. Ю. Кондратчик // Гор. механика и машиностроение. — 2016. — № 1. — С. 44—48.
4. Ищенко, М. В. Изнашивание роликов валкового пресса в дисперсной массе хлористого калия / М. В. Ищенко, Н. Ю. Кондратчик // Гор. механика и машиностроение. — 2016. — № 2. — С. 60—65.