Сидоренко С. А., Полуян В. А., Шевырев Л. Ю.

Определение предельно допустимого износа молотков кормодробилок

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской государственной аграрной академии
(Россия, Зерноград)

doi: 10.18411/lj-10-2018-199

idsp: 000001:lj-10-2018-199

Аннотация

Данная статья содержит информацию о конструкции современных молотков кормодробилок. Произведен расчет минимальной остаточной толщины рабочей грани молотка, с учетом обеспечения безаварийной работы.

Ключевые слова: молоток, кормодробилка, рабочая грань молотка, износ молотка.

Новые молотки кормодробилок обычно имеют прямоугольный контур (рисунок 1,а). В процессе дробления рабочая грань молотка приобретает закругленную форму (рисунок 1,б). Известно, что предельно допустимый износ первых рабочих граней не должен превышать половины ширины молотка (рисунок 1,б) [1]. Нами высказано предположение, что при повороте молотка прочностные характеристики должны быть достаточными для его безаварийной работы. В литературе встречаются материалы по рекомендациям минимальной остаточной толщине рабочей грани δ (рисунок 1,в), однако нет обоснования этой величины.

Нами были проведены теоретические исследования по определению минимально допустимой толщины для обеспечения безаварийной работы. Так как в сечении молотка материал, из которого изготовлен молоток, работает на разрыв, то расчёт сводится к проверке условия на разрыв в опасном сечении.

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (1)$$

где σ – допускаемое напряжение на разрыв, МПа;

$[\sigma]$ – предельно допускаемое напряжение на разрыв, МПа.

Рисунок 1 – Виды молотков

а – новый молоток; б – с одной изношенной гранью; в – с двумя изношенными гранями

Допускаемое напряжение на разрыв определяется по формуле

$$\sigma = \frac{G}{S_{\min}}, \quad (2)$$

где G – сила нормального давления в заданном сечении, Н;
 $S_{\min}$ – минимально допускаемая площадь сечения, мм².

При рассмотрении интересующей нас поверхности видно, что её площадь близка к площади прямоугольника. Сделаем допущение: площадь поверхности равна площади прямоугольника со сторонами h, δ .

Тогда минимально допускаемая площадь сечения будет определяться по формуле

$$S_{\min} = h \cdot \delta, \quad (3)$$

где h – толщина молотка, мм;

δ – остаточная ширина.

Для определения силы нормального давления G рассмотрим схему взаимодействия молотка кормодробилки с перерабатываемым материалом (рисунок 2).

Рисунок 2 – Схема взаимодействия молотка кормодробилки с перерабатываемым материалом
 R – радиус барабана; X_c – расстояние от оси подвеса до центра масс

Исходя из рисунка 2, мы видим, что

$$\begin{aligned} \sum X &= -X_A + F_{uh} = 0 \\ \sum Y &= Y_A - F = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где X_A – горизонтальная составляющая реакций в точке подвеса;

Y_A – вертикальная составляющая реакций в точке подвеса молотка;

F_{uh} – сила инерции.

Сила инерции F_{uh} определяется по формуле

$$F_{uh} = m \cdot a^n, \quad (5)$$

где m – масса молотка;

a^n – нормальная составляющая ускорения.

Нормальная составляющая ускорения определяется по формуле

$$a^n = \frac{V^2}{R} = \omega^2 \cdot R, \quad (6)$$

где ω – угловая скорость барабана;

$R = X_c$ – расстояние от точки подвеса до центра масс [1].

Полученные значения подставляем в формулу (5) и получаем

$$F_{uh} = m \cdot \omega^2 \cdot X_c \quad (7)$$

Значение X_c определяем по формуле [1]

$$X_c = -0,5 \cdot A + \sqrt{0,25 \cdot A^2 + B}, \quad (8)$$

Значения A и B определяются по формулам [1/

$$A = \frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a, \quad (9)$$

$$B = \frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8}, \quad (10)$$

где a – длина молотка, мм;

b – ширина молотка, мм.

Эти формулы выведены из допущения, что центр удара и центр качания совпадают. Подставляя формулы (9) и (10) в формулу (8), а полученное выражение в формулу (7) получаем выражение для определения $F_{ин}$

$$F_{ин} = m \cdot g \cdot \omega^2 \cdot \left[-0,5 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right) + \sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right)^2 + \left(\frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8} \right)} \right] \quad (11)$$

Встает вопрос об определении силы F . В дробилке взаимодействие молотка с зерном начинается в установившемся режиме, то есть величина угловой скорости достигла номинального значения.

Значение силы F определим исходя из момента сопротивления M_c по формуле

$$F = \frac{M_c}{X_c}, \quad (12)$$

где M_c – момент сопротивления;

X_c – расстояние от точки подвеса до центра масс.

Величина момента сопротивления M_c определяется по формуле

$$M_c = \frac{M_{кр}}{Z}, \quad (13)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на валу электродвигателя;

Z – число молотков.

Крутящий момент на валу электродвигателя $M_{кр}$ находится по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_{дв}}{\omega}, \quad (14)$$

где $P_{дв}$ – мощность электродвигателя, Вт;

ω – угловая скорость, с⁻¹.

Найденные значения подставляем в формулу (12) и получаем

$$F = \frac{P_{дв}}{\omega \cdot Z \cdot X_c} \quad (15)$$

Тогда с учётом уравнений (9) и (10) выражение (15) примет вид

$$F = \frac{P_{дв}}{\omega \cdot Z \cdot \left[-0,5 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right) + \sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right)^2 + \left(\frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8} \right)} \right]} \quad (16)$$

Исходя из рисунка 2, результирующая сила $F_{вз}$ определяется по правилу треугольника

$$F_{вз} = \sqrt{F_{ин}^2 + F^2}, \quad (17)$$

Проведя преобразования, получаем следующее выражение

$$F_{вз} = F_{ин} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{F}{F_{ин}} \right)^2}. \quad (18)$$

Исходя из выражения (2), с учётом формулы (1) определяем значение минимальной остаточной площади с опасным сечением

$$S_{\min} \geq \frac{F_{ин} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{F}{F_{ин}} \right)^2}}{[\sigma]}. \quad (19)$$

Так как мы приняли предположение, что в опасном сечении у нас прямоугольник, то тогда остаточная толщина стенки молотка δ , исходя из формулы (3), определится по формуле

$$\delta \geq \frac{F_{ин} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{F}{F_{ин}} \right)^2}}{h \cdot [\sigma]}. \quad (20)$$

Определив значение силы F и силы инерции $F_{ин}$ можно определить остаточную толщину стенки молотка δ .

1. Ялпачик Ф.Е. Влияние износа молотков кормодробилки на передачу ударов их осям подвеса /Ф. Е. Ялпачик // Механизация и электрификация с/х. – 1989г., № 3 с.45 – 49.
2. Моисеев О.Н., Полуян А.Г., Соловьев А.Н. Численное моделирование процесса изнашивания молотка в молотковой дробилке // Исследования и реализация новых технологий и технических средств в сельскохозяйственном производстве Сборник научных трудов. Российская академия сельскохозяйственных наук; Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИПТИМЭСХ). Зерноград, 2001. С. 275-279.

Соловьев Д.С.^{1,2}, Соловьева И.А.²

Оптимизация распределения плотности тока для улучшения равномерности гальванического покрытия

¹Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина

²Тамбовский государственный технический университет
(Россия, Тамбов)

doi: 10.18411/lj-10-2018-200

idsp: 000001:lj-10-2018-200

Аннотация

В работе рассматриваются перспективные направления снижения неравномерности гальванического покрытия посредством оптимизации распределения катодной плотности тока.

Ключевые слова: неравномерность покрытия, оптимизация.

Abstract

The paper discusses promising directions for reducing the non-uniformity of electroplating by optimizing the distribution of cathode current density.

Keywords: non-uniformity of the coating, optimization.

Гальваническое осаждение толщины покрытия на поверхности деталей никогда не бывает равномерным. Фактическая толщина в любой точке поверхности детали обычно упоминается как локальная толщина. Минимальная локальная толщина покрытия обычно нормируется регламентом, чтобы обеспечить достижение требуемых эксплуатационных характеристик для деталей. Неравномерность R гальванического покрытия можно вычислить как отношение среднего значения толщины к минимальному $\delta^{\min}$ из локальных: