

3. Прохоров А. Н., Переверзев Ю. П., Захаров А. Е. Повышение износостойкости чугуна термодиффузионным легированием. — Вестник машиностроения, 1981, № 1, с. 62—63.

4. Прохоров А. П., Ермолов Л. С., Концов Ю. М., Залеская Л. М. Влияние химико-термической обработки на коррозионную стойкость чугунных поршневых колец. — В сб. и тр. МИИСП «Новые способы восстановления и упрочнения деталей с.-х. техники», М., 1981, с. 67—71.

5. Прохоров Н. А., Удовинский В. И. Влияние ферросилиция на комплексное термодиффузионное легирование серых чугунов. — Металловедение и термическая обработка металлов, 1983, № 3, с. 7—8.

6. Ткачев В. Н. Износ и повышение долговечности деталей с.-х. машин. — М.: Машиностроение, 1971. — 264 с.

УДК 621.791

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СИТ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК

А. И. СИДАШЕНКО, И. Г. БОЙКО

Ранее было показано [1], что небольшой износ (закругление) кромки отверстий сита должен приводить к существенному ухудшению качества. Поэтому попытаемся так исправить геометрические параметры сита, чтобы избежать затупления кромок.

Рассмотрим движение потока материала на сито при следующих исходных данных (рис. 1а): $R_1=370$ мм, $R_2=390$ мм, $\Delta R=20$ мм

$$h = \sqrt{R_2^2 - R_1^2} = \sqrt{(R_2 - R_1)(R_2 + R_1)} = \quad (1)$$
$$= \sqrt{20 \cdot 380} = \sqrt{7600} = 87,5 \text{ мм.}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{R_1} = \frac{87,5}{370} \cong 0,236, \quad \alpha = 13,5^\circ. \quad (2)$$

Таким образом, поток попадает на сито (при зазоре $\Delta R=20$ мм) под углом $\alpha=13,5^\circ$. Чтобы этот поток не приводил к износу сита, необходимо его выполнить по касательной к вектору потока (кромка а), (рис. 1б). Однако в этом случае кромка *b* будет изнашиваться более интенсивно. Поэтому ее следует сделать без отверстий.

Другой вариант состоит в том, чтобы сделать кромку *b* самозатачиваемой, то есть подобрать угол β так, чтобы скорость износа в направлении, перпендикулярном поверхности *b*, и в направлении параллельном были одинаковы. Тогда кромка отверстия не будет закругляться, а износ поверхности *b* не опасен сам по себе, поскольку, на износ сита требуется время значительно большее, чем для износа кромки отверстия.

Рассмотрим методику выбора угла β (рис. 1б).

Износ кромки b пропорционален мощности трения

$$N_b = F_{\text{тр}2} W_1 = f \frac{\mu U \cos \gamma}{\cos \varphi} U \sin (\gamma - \varphi) =$$

$$= \frac{f \mu u^2}{\cos \varphi} \cos \gamma \sin (\gamma - \varphi) = A \cos \gamma \sin (\gamma - \varphi),$$

где

$$\frac{f \mu u^2}{\cos \varphi} = A. \quad (3)$$

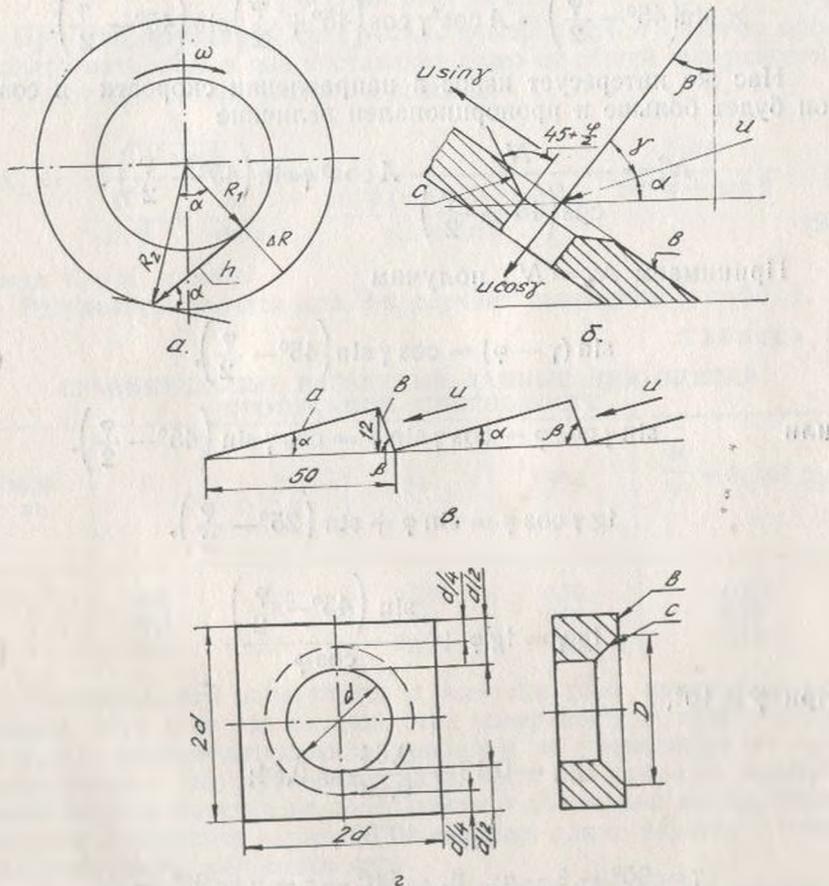


Рис. 1. Схемы к расчету износа кромки сита: а) к определению угла наклона потока; б) к расчету угла наклона гофры; в) схема гофрированного сита; г) к коррекции удельной мощности трения.

Износ кромки c в предположении, что кромка c наклонена под углом $45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ к оси отверстия, пропорционален мощности трения

$$N_c = F_{\tau p_2} w_2 = f \mu u \cos \gamma \cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right),$$

$$u \cos \gamma \sin \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} - \varphi \right) = \frac{f \mu u^2}{\cos \varphi} \cos^2 \gamma \cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \times$$

$$\times \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = A \cos^2 \gamma \cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (4)$$

Нас же интересует износ в направлении скорости и $\cos \gamma$ он будет больше и пропорционален величине

$$N'_c = \frac{N_c}{\cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)} = A \cos^2 \gamma \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (5)$$

Принимаем $N_s = N'_c$, получим

$$\sin (\gamma - \varphi) = \cos \gamma \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (6)$$

или
$$\sin \gamma \cos \varphi - \cos \gamma \sin \varphi = \cos \gamma \sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

$$\operatorname{tg} \gamma \cos \varphi = \sin \varphi + \sin \left(25^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \varphi + \frac{\sin \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}{\cos \varphi}. \quad (7)$$

При $\varphi = 10^\circ$,

$$\operatorname{tg} \gamma = 0,18 + \frac{0,64}{0,98} = 0,84;$$

$$\gamma_1 = 40^\circ 30',$$

$$\gamma = 90^\circ - \beta - \alpha; \quad \beta_1 = 90^\circ - \alpha - \gamma = 90^\circ -$$

$$- 13,5^\circ - 40,5^\circ = 90^\circ - 54^\circ = 36^\circ.$$

Построим профиль гофры на сите при высоте ребра $h = 12$ мм (рис. 1в).

Представляет интерес определить угол β при максимальном износе поверхности b .

$$\gamma_2 = 50^\circ; \quad \beta_2 = 90 - 13,5 - 50 = 26,5^\circ.$$

При отсутствии износа поверхности b :

$$\gamma_3 = 10^\circ; \quad \beta_3 = 90 - 13,5 - 10 = 66,5^\circ.$$

Определим теперь, как изменится производительность дробилки.

При отсутствии гофры сита скорость истечения материала из всех отверстий была равна:

$$V_1 = U \sin 13,5^\circ = 0,23 U. \quad (8)$$

При гофрированном сите только поверхность b активно пропускает материал, а она составляет долю от общей поверхности.

Подсчитаем долю «живого» сечения:

$$K_1 = \frac{\frac{h}{U \sin \beta}}{\frac{U}{\sin \beta} + \frac{h}{\sin \alpha}} = \frac{1}{\frac{\sin \beta (\sin \beta + \sin \alpha)}{\sin \alpha \sin \beta}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \sin \beta}. \quad (9)$$

Тогда $V_2 = K_1$ и $\cos \gamma$.

Результаты расчета для 3-х случаев приведены в табл. 1.

Таблица 1

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ**

№№ пп	β	γ	k_1	$\cos \gamma$	$\frac{V}{U} = k_1 \cos \gamma_1$
1	36,5	40,5°	0,284	0,76	0,216
2	26,5	50°	0,348	0,64	0,22
3	66,5	10°	0,202	0,98	0,197

Учитывая, что поверхность a все-таки тоже пропускает материал, хотя и не так активно, как поверхность b , можно полагать, что производительность дробилки не уменьшится во всех трех случаях. Это произошло из-за того, что скорость прохождения через отверстия на поверхности b во столько же раз больше, чем в серийном варианте, во сколько длина участка b меньше длины всего «прямого» сита.

Вышеприведенные расчеты выполнены для случая равенства мощности трения на поверхностях трения b и c . Такое равенство всегда наступает, поскольку вначале поверхность имеет малую площадь, а поверхность b большую, а в процессе износа площадь b уменьшается, а площадь c увеличивается.

Однако с увеличением площади s (рис. 1г) появляется кромка на отверстиях, что ухудшает качество работы сита как средства дробления материала. Поэтому процесс будет происходить следующим образом.

Вначале кромка s будет интенсивно изнашиваться, а затем после выравнивания удельных мощностей трения установится определенная ее величина, которая в дальнейшем уже изменяться не будет, поскольку так же, как кромка s , будет изнашиваться кромка b . Однако при неправильно выбранном угле наклона установившаяся величина кромки s может быть столь велика, что качество дробления будет плохое и смысл в установленном режиме отпадает.

Проверим, какова будет установившаяся величина кромки s в серийном варианте и во всех вышеспроектированных вариантах.

Введем в формулу (6) коэффициент, учитывающий равенство в установленном режиме не абсолютных значений мощности трения, а их значений, скорректированных на изменение площадей в процессе изнашивания.

Тогда следует записать

$$N_b = \eta \cdot N'_c. \quad (10)$$

Определим η .

Удельная мощность трения на b равна

$$\frac{N_b}{4d^2 - \frac{\pi D^2}{4}}. \quad (11)$$

На поверхности s имеем (отметим, что поскольку уже сделан пересчет на сечение, перпендикулярное оси отверстия, то следует рассматривать площадь, ограниченную диаметрами D и d).

$$\frac{4N'_c}{\pi(D^2 - d^2)}. \quad (12)$$

Приравняем (11) и (12). Получим:

$$\frac{4N_b d^2}{4d^2 - \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{N_c \frac{\pi d^2}{4}}{\pi(D^2 - d^2)}$$

или

$$N_b = \frac{\left(4d^2 - \frac{\pi D^2}{4}\right) \frac{\pi d^2}{4}}{\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}} N'_c. \quad (13)$$

откуда

$$\eta = \frac{\pi d^3}{4} \cdot \frac{4}{\pi d^2} \cdot \frac{\left(\frac{16}{\pi} - \xi^2\right)}{\xi^2 - 1} = \frac{5 - \xi^2}{\xi^2 - 1} = \frac{1 - 0,2\xi^2}{\xi^2 - 1} S. \quad (14)$$

Таблица 2

К РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА η

ξ	ξ^2	η	ξ	ξ^2	η
1,1	1,2	6	1,6	2,56	1,6
1,2	1,43	5,33	1,7	2,89	1,0
1,3	1,69	2,4	1,8	3,24	0,9
1,4	1,96	2,0	1,9	3,6	0,6
1,5	2,25	1,8	2,0	4,0	0,33

Подсчитасм, пользуясь уравнением (7) с учетом k значения для всех вариантов (табл. 2).

Подсчитаем теперь для полученных углов γ значения η :

$$\operatorname{tg} \gamma = 0,18 + 0,655 \eta.$$

Для серийного варианта $\beta = 0$; $\gamma = 90^\circ - \alpha = 90 - 13,5 = 76,5^\circ$.

Для $\gamma = 40^\circ 30'$

$$\eta_1 = \frac{0,84 - 0,18}{0,655} = 1, \quad \xi = 1,7.$$

Для $\gamma = 50^\circ$

$$\eta_2 = \frac{1,19 - 0,18}{0,655} = 1,5, \quad \xi = 1,62.$$

Для

$$\gamma = 10^\circ, \quad \eta_3 = \frac{0,18 - 0,18}{0,655} = 0, \quad \xi = \infty.$$

Итак, для серийного варианта устанавливается $\frac{D}{d} = 1,1$, то есть диаметр отверстия увеличится на 0,3 мм (на сторону 0,15 мм).

Для варианта 1 равных мощностей на 2,1 мм, на сторону 1,05 мм (рис. 2а).

Для варианта 2 максимума износа поверхности $b \sim 1,86$ мм; на сторону 0,93 мм (рис. 2б)

Для варианта 3 минимума износа поверхности $b \sim \infty$.

Как видим, вариант 3 нельзя применять (с отверстиями на поверхности b) (рис. 2в).

Варианты 1 и 2 близки, но лучше вариант 2. Подсчитаем для вариантов 1 и 2 среднее увеличение диаметра отверстий, полагая, что отверстия на поверхности a не изнашиваются.

Имеем вариант 1:

$$\Delta D_1 = \frac{0 \cdot 0,72 + 0,28 \cdot 2,1}{1} = 0,59,$$

вариант 2:

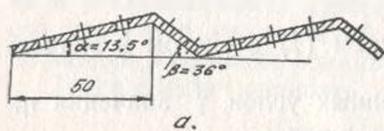
$$\Delta D_2 = \frac{0 \cdot 0,66 + 0,34 \cdot 9,86}{1} = 0,63.$$

Представляет интерес оценить симметричный вариант — поверхность a равна b (рис. 2 г):

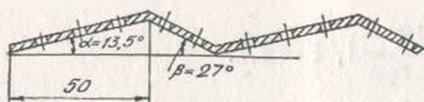
$$\gamma = 90^\circ - 13,5^\circ - 13,5^\circ = 63^\circ,$$

$$\eta = \frac{1,96 - 0,18}{0,655} = 2,68, \quad \xi = 1,27,$$

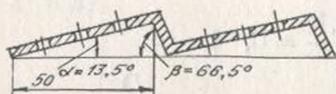
$$D = 3,8 \text{ мм.}$$



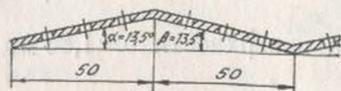
a.



б.



в.



г.

Рис. 2. Схема вариантов гофрированного сита:

а) равноценное; б) максимальный износ поверхности; в) глухое; г) симметричное.

Увеличение диаметра 0,8 мм.

Среднее приращение диаметра по сити:

$$\Delta D = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ мм,}$$

то есть меньше, чем во всех предыдущих случаях. Однако следует учесть, что с уменьшением участка b увеличивается и угол α для точек удаления от вершин ребра. Поэтому эффект от уменьшения угла снизится.

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Наилучшие результаты в части износа (заваливания кромок) сита должен дать вариант $\alpha = 13,5^\circ$, $\beta = 66,5^\circ$ и плоскостью b без отверстий.

2. При наличии на плоскости b отверстий лучшие результаты дает вариант с меньшим значением угла $\beta = 13,5^\circ = \alpha$ (симметричный вариант).

Вариант с максимальным износом поверхности b $\beta = 26,5^\circ$ в части износа кромки сита хуже симметричного варианта. Однако он способст-

РАСЧЕТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ДРОБЛЕНИЯ НА СИТЕ

$\frac{N_{др}}{\mu^2}$	Характеристика сита	Сер. $\gamma = 76,5$ $\beta = 0$	$\gamma = 40^\circ$ $\beta = 26,5$	$\gamma = 50^\circ$ $\beta = 36$	$\gamma = 10^\circ$ $\beta = 66,5$	$\gamma = 63^\circ$ $\beta = 13,5$
	$\cos^2 \gamma$ (поверхность— <i>b</i>)		$0,23^2 = 0,053$	$0,76^2 = 0,58$	$0,64 = 0,41$	$0,98^2 = 0,96$
$\cos^2 \gamma \cos^2 \left(50^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$ (поверхность— <i>c</i>)		0,02	0,24	0,16	0,4	0,08
Наименование сита	Серийное	Равноценное по <i>b</i> и <i>c</i>	Максимальный износ по <i>b</i>	Глухое по <i>b</i>	Симметрично <i>e</i>	

вует дроблению зерна $\gamma = 50^\circ$ вместо $\gamma = 63^\circ$ для симметричного, что может в результате привести к уменьшению износа кромок, доля которых в процессе дробления уменьшается.

Поэтому оба варианта нуждаются в экспериментальной проверке.

Определим дробильные качества сит. Они определяются энергией $\mu^2 \cos^2 \gamma$ для поверхности *b* и $\mu^2 \cos^2 \gamma \cos^2 \left(50^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$ для поверхности *c*.

Подсчитаем мощность дробления для всех вариантов.

Как видим, серийное сито не обладает дробильными свойствами после затупления кромки *c*. Неплохие дробильные качества имеет сито с $\beta = 36^\circ$, несколько хуже — с $\beta = 27^\circ$. Наилучшими дробильными качествами обладает сито с $\beta = 66,5^\circ$ и закрытой поверхностью *b*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидашенко А. И. Исследование взаимодействия зерна с цилиндрическим ситом в дробилках ДДМ и А1-ДДП. Прогрессивные технологические способы и процессы восстановления деталей сельскохозяйственной техники. Сб. н. тр. МИИСП. М. 1984.