

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДРОБИЛОК ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ОСОБО ПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**М. Х. Саргужин**, д.т.н., **Ж. И. Кузбаков**, к.т.н.

Казахский национальный технический университет  
им. К. И. Сатпаева

Бұл мақалада жакты усактагышта феррокорытпа усақтау кезшдеп кирау кедерп кушт анықтау ушж тәуелдшіктер алынган.

Түйжд! сездер: феррокорытпа усактагыштары, Кпрауфа карсылыц, феррокортыпалар.

The dependences for determination of destruction resistance force at crushing of ferroalloys on alligators are obtained.

Key words: ferroalloy crushers, resistance to destruction, ferroalloys.

На ферросплавных предприятиях плоские слитки феррохрома в основном измельчаются щековыми дробилками. Для предварительного разрушения слитков низко- и среднеуглеродистого феррохрома применяют бугобои или мощные гидравлические прессы [1]. Анализ работы дробилок на ферросплавных заводах показывает, что стойкость основных узлов и деталей довольно низка. При измельчении углеродистого феррохрома образуется много некондиционной фракции (до 28 % менее 10 мм).

В настоящее время в связи с повышенными требованиями по фракционному составу к ферросплавам со стороны потребителей это положение весьма актуально. Вследствие отсутствия специального оборудования на заводах для получения необходимой фракции применяют 2- и 3-стадийное дробление. Именно на последней стадии дробления низко- и среднеуглеродистого феррохрома наблюдаются частые отказы дробилок.

С целью изыскания новых способов разделки были проведены исследования процесса разрушения слитков низко- и среднеуглеродистого феррохрома, для чего была создана механическая модель щековой дробилки на базе гидравлического пресса усилием 2000 кН. В качестве разрушающего инструмента использовались вырезанные участки дробящих плит с различным шагом рифлений. Испытывае-

мые куски плоских слитков (-300x300 мм) откалывались от целого слитка и многократно разрушались до необходимых размеров. Регистрация параметров разрушения осуществлялась с помощью электрического манометра и регистрирующего прибора. На нижнюю рифленую плиту укладывался отбитый кусок слитка, сверху укладывалась верхняя плита так, чтобы кусок слитка оказался между рифлениями плит. Шток пресса плотно упирался на верхнюю плиту посредством включений и выключений пресса. Затем пресс включался до полного разрушения слитка.

Схема разрушения такова: в зоне приложения нагрузки через рифления плит образуется площадка контакта и происходит упругое сжатие, после достижения определенных усилий и внедрения рифлений плит в тело слитка начинается местное разрушение, о чем свидетельствует появление мелких фракций. По мере увеличения нагрузки площадка контакта увеличивалась незначительно, появление трещины начиналось с характерных звуков от станины пресса и слитка с плитами. При дальнейшем увеличении усилий происходило взрывоподобное разрушение, слиток в основном разрушался на две примерно равные части в диагональном направлении.

При этом фиксировались следующие параметры: усилие разрушения, площадь разрыва, количество образованных кусков и мелочи, перемещение плунжера (штока) пресса. Разрушающее напряжение вычислялось по известной формуле.

Современная механика измельчения базируется на основе имеющих законов дробления [3]. Считается, что каждая из этих гипотез верна для определенной степени измельчения и свойств дробимого материала. Общий анализ силовых и энергетических характеристик процесса разрушения слитков феррохрома можно провести на основании гипотезы дробления Кирпичева - Кика, т. е. теории подобия и моделирования к анализу процесса дробления.

В этой связи представляется возможным использовать гипотезу дробления, разработанную профессором В. И. Баловневым [4]. На основании этой гипотезы общее сопротивление твердого тела разрушению  $P_{сдр.}$  можно определить как сумму сил

$$= P_x + P_2 + P_\gamma + P^*$$

где  $P_x$  — сопротивление, обусловленное проявлением сил, пропорциональных кубу линейных размеров дробимого тела;

$P_2$  — сопротивление, обусловленное действием поверхностных сил, пропорциональных квадрату линейных размеров дробимого тела;

$P_\gamma$  - сопротивление, являющееся результатом действия сил, про-

порциональных единице длины, действующее в области ребра дробящего элемента (в нашем случае в области вершины рифлений дробящих плит) и при образовании протяженных трещин;

$P_4$ - силы, действующие сосредоточенно при вершинах рифлений, не зависящих от размеров тела, определяются процессами смятия.

Данные исследований подтверждают теоретические положения о проявлении эффекта масштабного фактора и положения о том, что прочность и энергия измельчения зависят от размеров дробимого материала. Подтверждено также, что сопротивление материала разрушению определяется не только природой сил, но и характером их приложения к разрушаемому материалу.

Такое представление разнообразных сил, действующих при дроблении, позволяет разработать зависимости для определения усилий, необходимых при дроблении твердого тела.

Так как известны силы дробления на последней стадии, то сопротивление разрушению исходного слитка на основании теории подобия можно определить по следующей формуле

где  $P$  - сопротивление дроблению реального слитка феррохрома;  
 $P_M$  - сопротивление дроблению на последней стадии;

$K_l = i/t_M$  - линейный масштаб куска металла на последней стадии дробления;

$l, l_m$  - линейные размеры исходного слитка и продукта дробления на последней стадии;  
 $n$  - показатель степени.

Приведенные положения позволяют определить силу сопротивления слитка разрушению по формуле:

$$= V i^n M,$$

где  $i$  - степень измельчения;

$A_1$  - перемещение при дроблении,  $m$ ;

$n$  — показатель степени, определяемый экспериментально;

$V$  — сопротивление дроблению слитка на последней стадии, которое определено экспериментально,  $Я$ :

$$\frac{LA}{I I} \rho_2 \wedge Z_p \_ *$$

где  $P_r, P_2, P_y, P_4$  - вероятности появления соответствующих сил при дроблении.

Показатель степени  $n$  определяется величиной и вероятностью появления сил сопротивления различного вида и степенью измельчения:  $n = 4 - gC / tgi$ .

Величина  $C$  определяется действующими силами, вероятностями их появления и степенью измельчения

$$C = \frac{P_2 + P_r}{2P_2} + P_y P_r + P_4$$

Перемещение  $\Delta \epsilon$  определяется на основании известных положений теории линейно деформируемых тел

$$\Delta \epsilon = ad_v E,$$

где  $s$  - предел прочности, МПа;

$E$  - модуль упругости, МПа;

$d_{cp}$  - средний размер дробимого слитка, м.

Полученные выражения показывают, что степень  $n$  зависит от характера действующих сил, их приложения и вероятности появления степени измельчения, а также прочности дробимого материала. В общем случае показатель  $n$  может изменяться от 3 до 0.

При крупном и среднем дроблении (как в нашем случае), когда размеры конечного продукта сопоставимы с размерами исходного материала, могут преобладать силы  $P_2$  и  $P_r$ . Сила  $P_x$  также может оказывать влияние на сопротивление дроблению. Следовательно, показатель степени  $n$  может изменяться от 1 до 3.

Полученные зависимости при определении сил и энергии дробления позволяют учитывать не только виды действующих сопротивлений, но и характер приложения разрушающих сил к дробимому куску материала.

Анализ разрушения плоских слитков между рифлениями плит и приведенные зависимости обосновывают условия, необходимые для решения задач, стоящих при дроблении плоских слитков феррохрома - наличие минимального числа точек контакта между рифлениями плит и плоским слитком; наличие минимальных зон активного воздействия на дробимый материал. Эти условия обеспечат меньшие усилия дробления, минимальный выход мелких фракций, более однородный гранулометрический состав дробленого продукта и позволяют уменьшить энергозатраты процесса дробления.

На практике этого можно добиться путем рационального расположения рифлений плит, изменения параметров дробильной камеры на действующих дробильных машинах.

Результаты исследований показывают, что усилие разрушения уменьшается пропорционально увеличению шага рифлений плит. При предварительном (крупном) дроблении необходимо применять плиты с крупным шагом рифлений и щековые дробилки с простым качанием щеки. По мере уменьшения шага рифлений плит увеличивается усилие разрушения, следовательно, для окончательного - товарного дробления нерационально (и даже неприемлемо) применять серийные щековые дробилки со сложным качанием щеки. В этом случае разрушение куска слитка феррохрома необходимо осуществлять за счет интенсивных ударных нагрузок, а не за счет изгибающих-растягивающих напряжений.

Сделан вывод о целесообразности применения ударно-щековых дробилок (например, фирмы «Крупп») или вибрационных щековых дробилок, разработанных НПК «Механобр-техника» [5].

### Литература

1. Гасик М. И., Гладких В. А., Шифрин В. М., Игнатъев В. С. Проектирование электрометаллургических цехов. - Киев; Донецк: «Вища школа», 1987. - 143 с.

2. Клушанцев Б. В., Косарев А. Н., Муйземнек Ю. А. Дробилки. - М.: «Машиностроение», 1990. - 320 с.

3. Клушанцев Б. В. Расход энергии на дробление материала // Строительные и дорожные машины. - 1994. - № 8. - С. 20-21.

4. Баловнев В. И. Определение сопротивлений и энергии при измельчении материала // Строительные и дорожные машины. - 1988. - № 1, - С. 23-25.

5. Туркин В. Я. и др. Опыт применения виброщековых дробилок для переработки ферросплавов // Сталь. - 2005. - № 11. - С. 63-64.