Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова, т./XXУШ, 1978 г.

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РАЗРУШЕНИЯ ФУРМ ПРИ ВЕРХНЕЙ ПРОДУВКЕ ШТЕЙНОВ

А.А.ГАЛЬЧБЕК, Ю.Б.ШМОНИН, Б.В.ЛЕПИХИН

Одним из важнейших конструктивных элементов агрегата для непрерывного конвертирования штейнов по способу ЛГИ – "Гипроникеля" [I-4] является узел подвода дутья в расплав. Он включает несколько водоохлаждаемых фурм, расположенных в своде агрегата под углом 75–85° к ванне на высоте 7–I2 калибров d (диаметров дутьевой насадки фурмы) над расплавом.

В полупромышленных испытаниях непрерывного конвертирования медно-никелевых штейнов на ГМК "Печенганикель" [2] опробовались фурмы производительностью в нормальных условиях I0–I00 м³/мин по воздуху давлением 5–6 ати. Фурмы имели цилиндрический канал истечения. Испытания показали, что сроки эксплуатации фурм ограничены из-за прогара медных головок и не превышают 20–40 дутьевых суток.

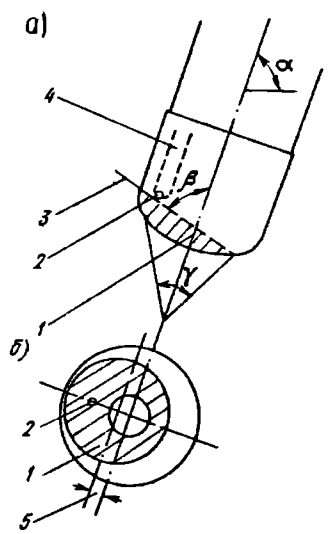


Рис. 1. Геометрические характеристики разрушения головок фурм: а – положение фурмы при продувке; б – вид фурмы со стороны головки
1 – зона разрушения; 2 – наиболее характерное расположение зоны прогара; 3 – поверхность разрушения головки; 4 – водяной канал охлаждения фурмы; 5 – смещение зоны разрушения относительно оси фурмы; α – угол наклона фурмы к горизонтали; β – угол разрушения фурмы; γ – телесный угол зоны разрушения

В период полупромышленных испытаний проводились специальные исследования для выяснения механизма разрушения фурм. Обмеры профилей изношенных головок фурм показали, что разрушение имеет локальный характер и происходит на части поверхности головки, обращенной к расплаву. В поперечной плоскости головки зона разрушения является приблизительно круговой и смещена относительно оси фурмы в сторону угла подачи дутья (рис. I). Телесный угол зоны разрушения γ остается примерно постоянным и равным 60° (вершина телесного угла взята на расстоянии $5d$ от торца головки).

Профиль головки по мере разрушения становится асимметричным, что выражается в появлении острого угла β между осью фурмы и торцевой поверхностью головки, величина которого зависит от угла α наклона фурмы к поверхности ванны. К моменту прогара при $\alpha = 75°$ угол $\beta \approx 77–78°$, при $\alpha = 85°$ угол $\beta \approx 85–87°$ (рис. 2).

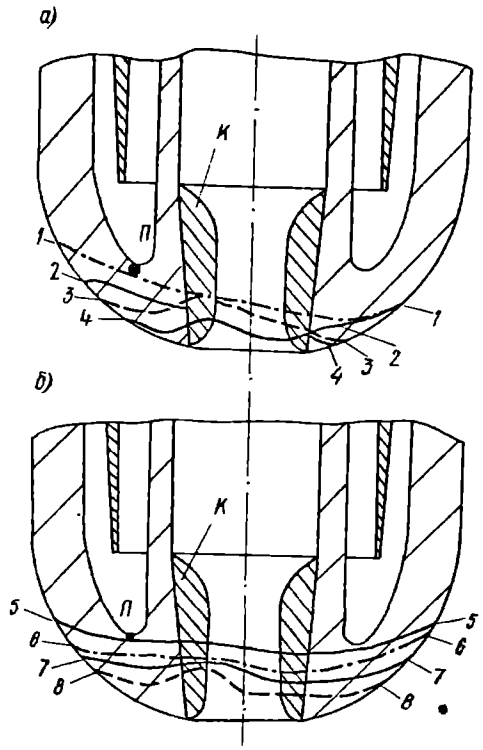


Рис. 2. Наблюдаемые очертания профиля головки фурмы на разных стадиях разрушения: а – при $\alpha = 75^{\circ}$; б – при $\alpha = 85^{\circ}$

1–1 – 8–8 – линии, отвечающие профилям последовательного разрушения головок в вертикальной плоскости, проходящей вдоль конвертера через ось фурмы; П – область прогара головки; К – сменный калибр фурмы

Фурма прогорает, когда перемещающаяся поверхность разрушения головки 3 (см. рис.1) доходит до канала охлаждения. При $\alpha = 75^{\circ}$ зона прогара стенки, как правило, невелика (3–5 мм) и расположена в непосредственной близости от вертикальной плоскости, проходящей через ось фурмы вдоль агрегата. При $\alpha = 85^{\circ}$ наблюдается прогар на большем участке – до половины длины окружности водяной рубашки.

Аналогичным образом разрушаются сменные калибры, помещаемые в устье дутьевого канала для обеспечения необходимых параметров дутьевой струи. Угол разрушения калибров $\beta = 70–75^{\circ}$ независимо от величины угла α. Установлено, что калибры разрушаются быстрее головок; стойкость медных калибров выше, чем стальных.

Структура поверхности и состояние меди в зоне разрушения головки свидетельствуют о высокой температуре наружной поверхности стенки и оплавлении или растворении меди в штейне. Головка фурмы изнашивается в те моменты, когда на ней отсутствует защитный гарниссах. Образование гарниссаха на фурме обусловлено выбросами расплава из дутьевой воронки. Застывая на теле фурмы, выбросы формируют плотную корку гарниссаха окисносульфидного состава. Однако при большой интенсивности выбросов и энергичном омывании ими поверхности головки тепловая и механическая нагрузки на нее оказываются столь значительными, что приводят к разрушению гарниссажного слоя и оплавлению или растворению в штейне металла головки.

При продувке выбросы образуют опрокинутый конус, сдвинутый от фурмы в сторону, противоположную ее наклону. Расположение конуса выбросов относительно головки приближенно отвечает схеме идеального отражения дутья от горизонтальной поверхности (рис. 3). Быстрее всего головка прогорает вблизи центральной оси конуса выбросов, омывающих ее в этой зоне наиболее интенсивно. Головку можно вывести из конуса выбросов и тем самым облегчить условия ее работы, уменьшая α до $60–65^{\circ}$ (рис. 3,а) или увеличивая расстояние до расплава (рис. 3,б). Первое неприемлемо для технологии процесса и поэтому не испытывалось, второе было подтверждено в ходе испытаний.

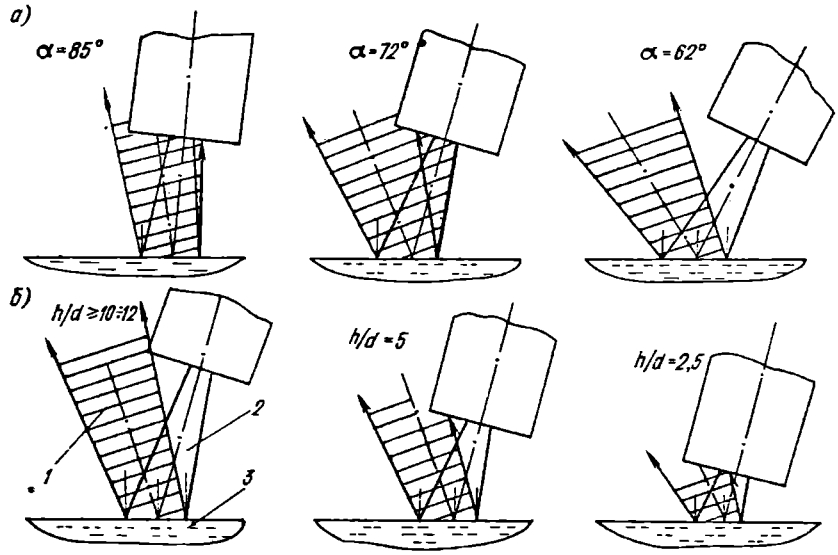


Рис. 3. Характер выбросов на фурму при изменении относительно расплава:
а – угла фурмы α ; б – высоты фурмы h ($\alpha = 75°$)
1 – конус выбросов; 2 – воздушная струя; 3 – расплав

Для количественной оценки воздействия выбросов расплава на головки фурм измерялись средние тепловые потоки для фурмы и отдельно – для головки. В последнем случае использовались фурмы с индивидуально охлаждаемыми головками. Средние тепловые потоки для фурмы, защищенной гарниссажем, и для головки составляют соответственно 60–100 и 100–150 тыс.ккал/(м^2.ч).Известно, что при таких значениях тепловых потоков водяное охлаждение обеспечивает надежную продолжительную работу охлаждаемых элементов. В условиях, приводящих к разрушению защитного гарниссажа, величина теплового потока на фурму достигает 170–200 тыс. ккал/(м^2.ч), на головку – 1–3 млн.ккал/(м^2.ч). Учитывая неравномерность теплового воздействия выбросов по поверхности, можно ожидать, что локальные тепловые потоки в зоне наибольшего разрушения имеют еще более высокие значения.

Резкое увеличение теплового потока характерно для определенных условий продувки. Скачки тепловых нагрузок наблюдались при пуске дутья, резком увеличении его расхода, большом изменении уровня ванны при выпуске или заливке порций расплава и других значительных возмущениях в ходе продувки. Кроме того, тепловые потоки нарастали при работе с тонкими слоями шлака, когда головка омывалась в основном выбросами чисто сульфидного расплава.

Величины тепловых потоков на головку, наблюдаемые в указанных критических условиях, соответствуют значениям, при которых температура на охлаждаемой стенке головки достигает пределов, обуславливающих разрушение. Подтверждением этого служат результаты измерения температуры в головках с помощью термопар, зачеканенных в стенку на глубине 10–15 мм от наружной поверхности головки в зоне наиболее вероятного ее разрушения. Резкие уве-

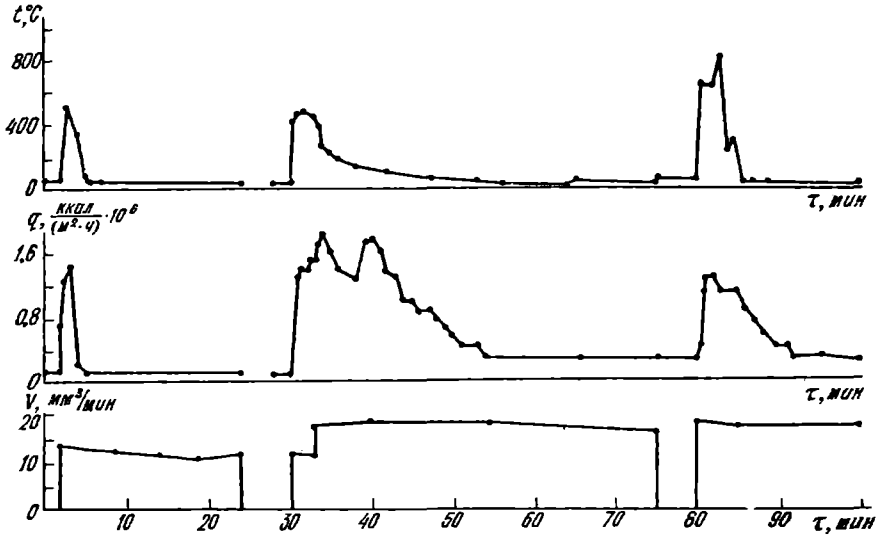


Рис. 4. Совмещенные диаграммы температуры и тепловых потоков в индивидуально охлаждаемой головке фурмы по ходу продувки
V – расход дутья на фурму

личения температуры t и тепловых потоков q в головке совпадают по времени и отвечают моментам, непосредственно следующим за пуском дутья (рис. 4). Максимальные значения температурных скачков на головке либо превышают предельно допустимые для меди – 600°С [4], либо достигают точки плавления штейна. В последнем случае поверхность головки растворяется при омывании ее выбрасываемым расплавом. Визуальные наблюдения показали, что в эти моменты гарниссаж на торцевой стенке головки отсутствует и в зоне максимального разрушения стенка обнажается.

Увеличение высоты фурмы над расплавом свыше 10–12 d заметно уменьшает вероятность возникновения критических условий работы, снижая частоту появления и амплитуду температурных пиков до 100–250°С.

В промышленных агрегатах непрерывного конвертирования критические периоды работы фурм должны быть сведены до минимума за счет стабильной работы агрегата, относительно небольших колебаний уровня ванны, соблюдения оптимального расстояния между фурмой и расплавом и оптимальной толщины шлакового слоя на ванне. Это поможет значительно увеличить срок службы промышленных фурм.

Литература

1. Гальнбек А.А., Шмонин Ю.Б. – Цветная металлургия. Изв.вузов, 1969, № 1, с. 19–23.

2. Гальнбек А.А., Шмонин Ю.Б., Лепихин Б.В. – Цветная металлургия. Бюлл. ЦНИИЦМ, 1974, №21, с. 31–34.

3. Диомидовский Д.А., Шалыгин Л.М., Гальнбек А.А. – Цветные металлы, 1959, № 2, с. 27–33.

4. Шалыгин Л.М. Конвертерный передел в цветной металлургии. М., Металлургия, 1965.