

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Академик Г. Г. УРАЗОВ и Д. П. БОГАЦКИЙ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕННЫХ
ЖЕЛЕЗНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД**

Исследованию различными современными методами физико-химического анализа были подвергнуты отобранные из промышленных месторождений Среднего и Южного Урала окисленные никелевые руды следующего состава (в %, см. таблицу).

Уфалейская руда представляет собой желто-бурую охристо-

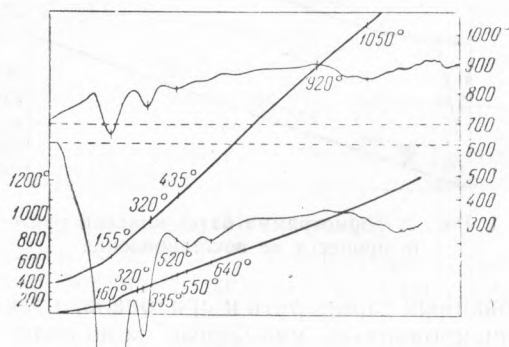


Рис. 1. Термограмма уфалейской руды и процесса ее восстановления

глинистую массу со слабо выраженной сланцеватой структурой и состоит в основном из талька, магнетита, глины и кварца. Никель присутствует в глинистых фракциях, нонтроните, ферригаллуазите и охристом

Наименование руды	Ni	SiO ₂	MgO	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	П. п. п.
Уфалейская . . .	1,26	35,34	5,96	21,79	10,49	1,60	13,12
Батамшинская . .	1,05	37,72	1,63	19,74	8,72	0,99	17,20
Халиловская . . .	0,50	46,31	2,05	20,70	7,70	0,79	13,09

гидрогетите. Явно индивидуализированных никелевых минералов, за исключением редких единичных чешуек непуита, в руде нет. Удельный вес руды 2,50.

Батамшинская руда представлена рыхлой охристой массой темнубурого цвета и состоит в основном из охры и нонтронитизированного серпентинита. Никель присутствует в виде: 1) гарниерита (Ni, Mg) O · SiO₂ · H₂O, содержащего закиси никеля до 45%; 2) асболана MnO · MnO₂ · nH₂O + CoO + NiO, содержащего закиси никеля до 10—12%; 3) псиломелан-взда (гидроокислы марганца переменного состава).

ва), содержащего закиси никеля до 20%; 4) нонтронита $0,5RO(Al, Fe)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 3H_2O$, где $R = Mg, Ca, Ni$, содержащего закиси никеля до 3—5%; 5) серпентина $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, содержащего закись никеля в адсорбированном виде до 1%; 6) керолита $(Mg, Ni)_O \cdot SiO_2 \cdot H_2O$, содержащего до 1% адсорбированной закиси никеля; 7) гидроксиды железа $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, содержащие различные количества адсорбированной закиси никеля. Индивидуализированные никелевые минералы присутствуют в незначительном количестве. Удельный вес руды 2,68.

Халиловская руда принадлежит к типу крайних продуктов разложения серпентинитов и представляет собой нонтронитизированный и частично обохренный серпентинит. Никель присутствует в виде

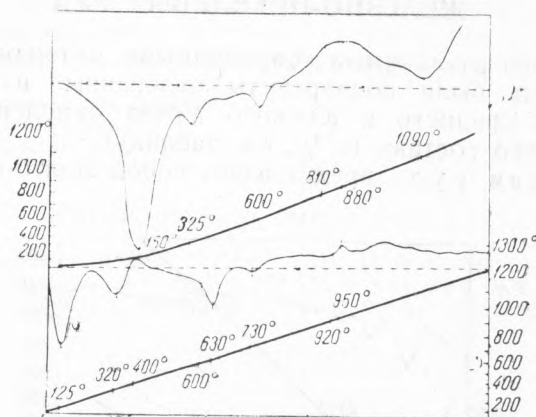


Рис. 2. Термограмма батамшинской руды и процесса ее восстановления

тонко диспергированных гарниерита и празопала, а также в нонтроните. Явно индивидуализированные никелевые минералы присутствуют в крайне незначительном количестве. Удельный вес руды 2,60.

В процессе кальцинации и восстановления уфалейской руды за счет твердого углерода в области температур 100—155° происходит удаление адсорбированной и цеолитной воды гидрогематита, гидрогетита, нонтронита и глины. В интервале 280—400° имеет место процесс разложения моногидрата гетита с последующей рекалесценцией окиси железа (1). При дальнейшем нагревании происходит выделение конституционной воды, после которого начинается постепенное восстановление окиси железа до закись-окиси, практически заканчивающееся при 900—920°. В процессе дальнейшего нагревания смеси руды с твердым углеродом до 1000—1050° происходит восстановление магнетита до закиси железа, восстановление которой интенсивно протекает в области 1050—1070°. Термограмма уфалейской руды и процесса ее восстановления представлена на рис. 1.

В процессе кальцинации и восстановления батамшинской руды за счет твердого углерода в интервале 120—150° в заметной мере происходит удаление адсорбированной и цеолитной воды нонтронитизированного серпентинита и гидроксидов железа. При температурах выше 300—325° имеет место разложение моногидрата гетита (1) с последующей рекалесценцией окиси железа при 400—420°. В интервале 560—600° происходит удаление конституционной воды серпентина и нонтронита. В области 690—710° (2) обнаруживается начало процесса восстановления окиси железа до закись-окиси, протекающего до 880—900°. В области 930—950° начинается восстановление магнетита до закиси железа, практически заканчивающееся только при 1100—1110°, когда интенсивное развитие получает процесс восстановления

закиси до металлического железа с образованием аустенита (3). Термограмма батамшинской руды и процесса ее восстановления представлены на рис. 2.

В процессе кальцинации и восстановления халиловской руды за счет твердого углерода в области 110—170° происходит удаление адсорбированной и кристаллизационной воды нонтронитизированного серпентинита, а также адсорбированной и цеолитной воды гидрогематита и гидрогетита. В интервалах 360—380° и 520—590° протекают разложение моногидрата гетита и выделение конституционной воды нонтронита и нонтронитизированного серпентинита. При 670—690° обнаруживается процесс восстановления окиси железа до закись-окиси, в основном заканчивающийся в области 830—840°. При температурах порядка 930—940° начинается заметное восстановление магнетита до

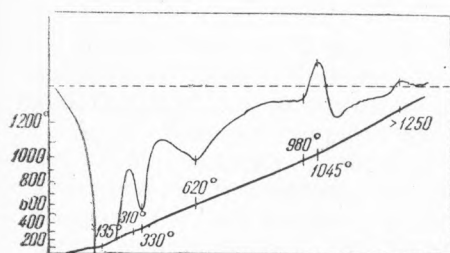


Рис. 3. Термограмма окисленной никелевой руды Халиловского месторождения

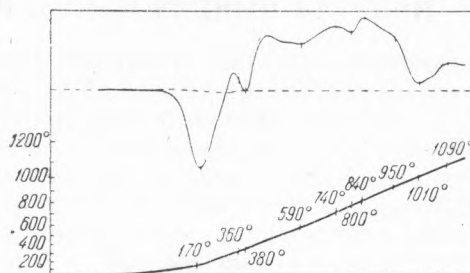


Рис. 4. Процесс восстановления халиловской руды

закиси железа, продолжающееся до 1010—1020°, после чего происходит восстановление закиси железа (4—7). Термограммы халиловской руды и процесса ее восстановления представлены на рис. 3 и 4.

Выводы

1. Никель в окисленных железно-никелевых рудах присутствует, главным образом, в виде его окисленных минералов, тонко диспергированных в этих рудах и импрегнирующих различные другие минеральные ингредиенты этих руд.

2. Явно индивидуализированные силикатно-окисленные никелевые минералы присутствуют в исследованных рудах в крайне незначительных количествах.

3. Поэтому современные методы селективного обогащения в применении к этим рудам эффективными быть не могут, и, следовательно, эти руды должны перерабатываться предложенными ранее специальными химико-металлургическими методами (8).

4. Исследование поведения окисленных железно-никелевых руд в процессах кальцинации и восстановления, как принципиальной основы предложенных новых методов их химико-металлургической переработки (8), показывает, что восстановление окисленных минералов железа протекает преимущественно по схеме $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ в широких температурных пределах.

5. Это и сравнительное изучение физико-химических условий восстановления окисленных минералов железа (4—6) и никеля (8) показывают принципиальную возможность селективного восстановления никеля из его окисленных минералов, находящихся в окисленных железно-никелевых рудах.

Институт общей и неорганической
химии Академии Наук СССР

и

Институт цветных металлов и золота

Поступило
24 XII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. А. Байков, ЖРФХО, **39**, 660 (1907); Е. Я. Роде, ЖРФХО, **6**, 1443 (1930); **6**, 1453 (1930). ² Г. Г. Уразов, *Металлургия никеля*, 2-е изд., 1938. ³ Б. В. Старк, *Теория металлургич. процессов*, 1934. ⁴ М. А. Павлов, *Металлургия чугуна*, 5-е изд., 1944. ⁵ А. А. Байков, *Металлург*, **3** (1926). ⁶ Б. В. Старк, *Производство губчатого железа*, 1933, 43. ⁷ Д. П. Богацкий, *Докторск. диссертация*, 1945. ⁸ Д. П. Богацкий, *Изв. АН СССР, ОТН*, **9** (1944); **6** и **12** (1946); **1** (1947).