

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ  
СИЛИКАТНО-ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ МИНЕРАЛОВ  
И ПРОЦЕССА ИХ КАЛЬЦИНАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

Исследованию подвергнуты пять силикатно-окисленных минералов никеля, полученных из Геолого-минералогического музея АН СССР и из горно-геологических отделов Уфалейского и Южно-Уральского никелевых заводов: непуито-гарниерит Уфалейского месторождения, никелевый керолит Аккермановского месторождения, никелевый девейлит того же месторождения, никелевый алюмосиликат Айдырлинского месторождения и «айдырлит» того же месторождения.

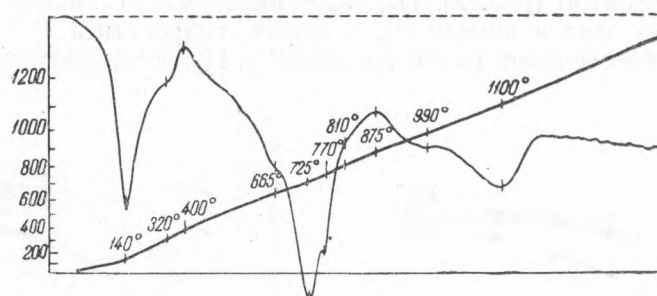


Рис. 1. Термограмма непуито-гарниерита

Наиболее широко распространенными в промышленных месторождениях являются непуит и гарниерит. Исследованный непуито-гарниерит, представляющий природную смесь этих типичных силикатных минералов никеля, имеет состав: NiO—37,95%, SiO<sub>2</sub>—36,03%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—1,22%, MgO—4,02%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—6,21%, П. п. п.—12,98%.

В процессе нагревания этого минерала в отсутствие восстановителя в области температур 100—140° происходит испарение адсорбированной воды. При температуре 320° протекает дегидратация гидрата закиси никеля, а также гидрогетита (4-7). При температурах порядка 400° имеет место экзотермический процесс рекалесценции окиси железа (1-3). В области температур 665—770° удаляется конституционная вода непуита и серпентина. При температурах порядка 890—990° происходит, повидимому, удаление прочно связанной конституционной воды и распад непуито-гарниерита на ряд новообразований, из которых рентгенометрически точно устанавливается оливин и предположительно кристобаллит (12-14). В области температур 1100° и выше имеет место процесс спекания непуито-гарниерита, после которого в интервале исследованных температур до 1300° на дифференциальной

термограмме непуито-гарниерита (рис. 1) никаких явлений не фиксируется.

Термографическое исследование поведения непуито-гарниерита в процессе кальцинации его в смеси с сажистым углеродом и восстановления его за счет твердого углерода показывает последовательное протекание нижеследующих физико-химических превращений. В области температур 100—150° происходит испарение адсорбированной ги-

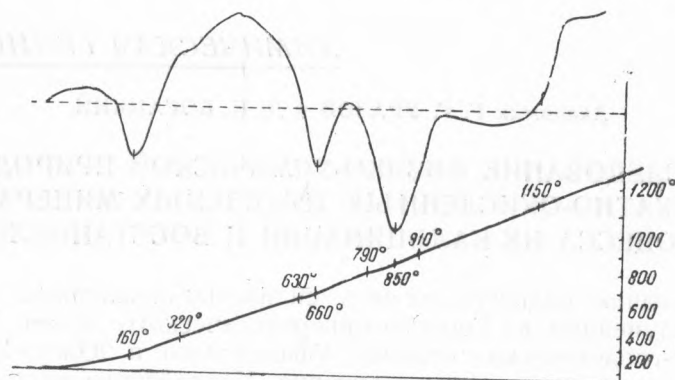


Рис. 2. Процесс восстановления непуито-гарниерита

гроскопической воды, сопровождающееся явно выраженным эндотермическим эффектом (рис. 2). При 320° имеет место процесс дегидратации гидрата закиси никеля<sup>(5)</sup>, а также гидрогетита<sup>(6,7)</sup> с последующей рекалесценцией окиси железа<sup>(11)</sup>. При температурах порядка

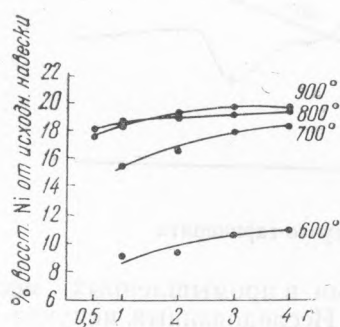


Рис. 3. Восстановление уфалейского гарниерита водородом в зависимости от температуры и продолжительности процесса

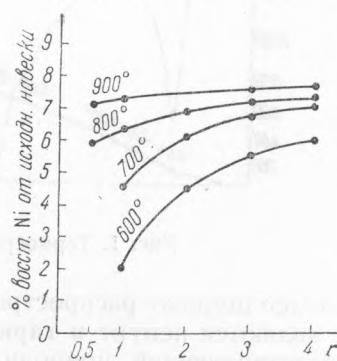


Рис. 4. Восстановление аккермановского гарниерита водородом в зависимости от температуры и продолжительности процесса

620—660° происходит удаление конституционной воды исследованного минерала<sup>(13)</sup>. В области температур 790—910° существенное развитие получает процесс восстановления непуито-гарниерита, сопровождающийся значительным поглощением тепла. Это обуславливает наличие на дифференциальной термограмме процесса восстановления непуито-гарниерита (рис. 2) ярко выраженного большого эндотермического эффекта с четко обозначающимся минимумом при 850° и плохо выраженным перегибом при 910°, обусловленным, повидимому, несколько различной восстановимостью непуита и гарниерита, совместно присутствующих в подвергнутой восстановлению их природной минеральной смеси. В области температур порядка 1000° и выше происходит спекание восстановленного непуито-гарниерита. Полное восстановле-

ние силикатно-окисленных никелевых минералов, следовательно, достигается до их спекания (рис. 3 и 4).

Выводы. 1. Процесс восстановления силикатно-окисленных минералов никеля сильно эндотермичен.

2. Исследованные силикатно-окисленные минералы никеля восстанавливаются за счет твердого углерода с температурой порядка 790—800° (18).

3. Процесс спекания исследованных силикатно-окисленных минералов никеля начинается с температур порядка 1000—1100°.

4. Прямое восстановление силикатно-окисленных минералов, а следовательно, и руд может быть эффективно проведено без их заметного спекания.

5. Силикатно-окисленные никелевые минералы восстанавливаются до металла в прочих равных условиях при более низких температурах, чем закись железа, но при более высоких температурах, чем магнитная окись железа (8—11).

6. Силикатно-окисленные никелево-кобальтовые руды, содержащие окислы железа, должны подвергаться комплексному восстановлению (16—18), так как селективное восстановление не обеспечивает достаточно высокого извлечения из них никеля и кобальта.

Институт общей и неорганической химии  
Академии Наук СССР

Поступило  
24 XII 1946

и  
Институт цветных металлов и золота

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. А. Байков, ЖРФХО, 12 (1929). <sup>2</sup> А. А. Байков, Metallurg, № 3 (1925).  
<sup>3</sup> А. А. Байков, Теория металлургических процессов, Л., 1934. <sup>4</sup> Н. С. Курнаков, Изв. ФХА, 2, 486 (1926). <sup>5</sup> И. И. Гинзбург, Докторск. диссертация, ИГН АН СССР, 1943. <sup>6</sup> Е. Я. Роде, ЖРФХО, 62, 144 (1930). <sup>7</sup> Е. Я. Роде, ЖРФХО, 62, 1453 (1930). <sup>8</sup> М. А. Павлов, Металлургия чугуна, 5-е изд., 1944. <sup>9</sup> Б. В. Старк, Теория металлургич. процессов, МИС, 1935. <sup>10</sup> Б. В. Старк, Восстановление железа при умеренных температурах, Производство губчатого железа, 1933.  
<sup>11</sup> А. А. Байков, Физ.-хим. основы прямого восстановления железа из руд, там же.  
<sup>12</sup> Г. С. Грицаенко, Минер. сырье, № 3, 5 (1936). <sup>13</sup> Г. С. Грицаенко и др., Зап. Всеросс. мин. об-ва, 1, 7 (1943). <sup>14</sup> Г. С. Грицаенко, Зап. Всеросс. мин. об-ва, 4, 169 (1944). <sup>15</sup> Д. С. Белянкин, В. П. Иванова, Тр. 3-го совещ. по экспер. минер. и петрограф., 115 (1940). <sup>16</sup> Д. П. Богацкий, Изв. АН СССР, ОТН, № 9 (1944); № 6 (1946); № 12 (1946); Докторск. диссертация, АН СССР, 1945. <sup>17</sup> Д. П. Богацкий, Изв. АН СССР, ОХН, № 5 (1944). <sup>18</sup> Д. П. Богацкий, ДАН, 45 2 (1944); Изв. АН СССР, ОТН, № 1 (1947).