

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГУБЧАТОГО ТИТАНА

Лучкова А. (*зр. МЦ-10м*), Листопад Д.А. (*аспірант*)*,
Запорожская государственная инженерная академия

Продуктом магниетермического восстановления тетрахлорида титана является блок реакционной массы, представляющий собой губчатый титан, пропитанный магнием и хлоридом магния. Реакционная масса в среднем по блоку имеет следующий состав, %: Ti 55...60, Mg 25...35, MgCl₂ 9...12. Также в ней присутствуют низшие хлориды титана (0,01...0,1 %). Для получения губчатого титана из реакционной массы проводят вакуумную сепарацию. Процесс вакуумной сепарации реакционной массы основан на значительной разнице равновесного давления паров магния, хлористого магния и титановой губки при температурах 960...1020 °С. При этом хлорид магния и магний, имеющие достаточно высокое давление паров, испаряются и конденсируются в специальном устройстве – конденсаторе.

При разогреве реакционной массы, имевшей контакт с влажным воздухом, происходит окисление, хлорирование, потери металлического титана и увеличение содержания внутреннего хлора. После удаления Mg и MgCl₂ с открытой поверхности начинается длительное испарение из капилляров, скорость которого увеличивается с уменьшением давления в аппарате сепарации и с увеличением поверхности испарения. Лимитирующей стадией всего процесса является диффузией паров Mg и MgCl₂ в капиллярах и порах блока губчатого титана, а также уменьшающаяся во времени теплопроводность пористого блока титана в результате непрерывного испарения Mg и MgCl₂. Давление пара MgCl₂ начинает снижаться при его содержании от 10 до 15 %.

Скорость испарения Mg и MgCl₂ можно описать уравнением:

$$w = 5,833 \cdot 10^{-2} \cdot (p_1 - p_0) \cdot F \cdot \sqrt{\frac{M}{T}},$$

где w – скорость испарения вещества, г/(см²·с); p_1 – парциальные давления паров Mg или MgCl₂, (мм. рт. ст.); p_0 – общее давление в системе, (мм. рт. ст.); F – поверхность испарения, (см²); M – молекулярная масса испаряющегося вещества, (г/моль); T – температура, (°С)

Как показали расчеты (рис.) скорость испарения магния значительно выше,

* Научный руководитель – д.т.н., профессор, академик АИН Украины, зав. каф. металлургии цветных металлов Червонный И. Ф.

чем MgCl_2 , что подтверждается практикой – в начале процесса вакуумной сепарации интенсивно испаряется смесь Mg и MgCl_2 , после чего долго (до 10 часов для 0,87 т аппарата) отгоняется MgCl_2 .

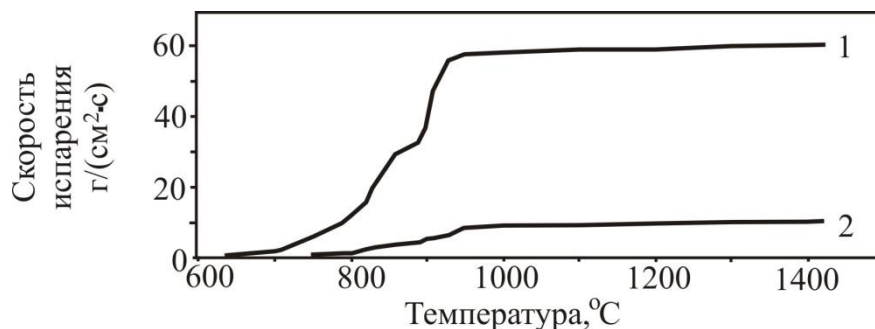


Рисунок – Температурная зависимость скорости испарения Mg и MgCl_2 от давления в аппарате вакуумной сепарации (1 – $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст., 2 – 0,5 и 0,05 мм. рт. ст.).

При повышении температуры в реакторе выше 600...700 $^{\circ}\text{C}$ начинается бурная возгонка магния и хлористого магния (см. рис.), в результате чего давление в аппарате сепарации возрастает, также возрастает температура конденсатора в результате конденсации Mg и MgCl_2 на его внутренних стенках. В дальнейшем давление в аппарате уменьшается. Продолжительность вакуумной сепарации в период падающей скорости определяется структурой материала и длиной свободного пробега молекул.

В таких условиях наиболее рационален ступенчатый подъем температуры (от 750 до 900 и от 930 до 1050 $^{\circ}\text{C}$) и разряжении до $5 \cdot 10^{-3}$ мм. рт. ст. т.к. при дальнейшем повышении температуры больше 1050 $^{\circ}\text{C}$ губчатый титан будет образовывать эвтектический сплав с материалом реактор и загрязняться железом и никелем. Разряжение менее $5 \cdot 10^{-3}$ мм. рт. ст. нецелесообразно, т.к. скорость испарения будет незначительно увеличиваться. Изменение остаточного давления мало влияет на длительность этой стадии процесса. Глубокое удаление хлора при меньшем остаточном давлении объясняется большей степенью дегазации поверхности металла.

На скорость вакуумной сепарации значительное влияние оказывает состав реакционной массы и структура блока губчатого титана. Сепарация реакционной массы, полученной при низком коэффициенте использования магния, заканчивается быстрее, чем при высоком. Скорость испарения из мелких пор меньше, а из крупных – больше, чем со свободной поверхности расплава. Таким образом, при небольшой поверхности испарения в верхней части задерживается удаление из губчатого титана соли, поднявшейся из нижних слоев. Сокращение длительности вакуумной сепарации возможно, при сокращении продолжительности прохождения паров MgCl_2 внутри блока, при условии сохранения теплопроводности реакционной массы на уровне монолитного блока, что требует дальнейшей модернизации технологического оборудования.