

GS, TSKH ĐÌNH PHẠM THÁI  
TS NGUYỄN VĂN KHÁNH HÀ

Luyện  
và tái chế  
Vàng

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



GS. TSKH. ĐÌNH PHẠM THÁI ❖ TS. NGUYỄN VĂN KHÁNH HÀ

# LUYỆN VÀ TÁI CHẾ VÀNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI

## **LỜI NÓI ĐẦU**

*Giáo trình "Luyện và tái chế vàng" trình bày những nét cơ bản về tính chất và công dụng của vàng, nguồn nguyên liệu, các phương pháp luyện, tinh luyện và tái chế vàng.*

*Với nội dung đó giáo trình được dùng cho sinh viên đại học, cao đẳng chuyên ngành Luyện kim màu và Luyện kim bột. Ngoài ra giáo trình còn được dùng làm tài liệu tham khảo cho kỹ sư và sinh viên ngành Luyện kim và Công nghệ vật liệu cũng như kỹ sư các ngành Hóa học, Điện và Điện tử, ...*

*Đây là công trình biên soạn đồng tác giả, với sự phân công như sau: GS-TSKH Đinh Phạm Thái viết các chương 1, 6, 7, 8, 9, 10; TS Nguyễn Văn Khánh Hà - viết các chương 2, 3, 4, 5.*

*Mặc dầu đã có nhiều cố gắng, nhưng do khả năng hạn chế của người viết, chắc rằng giáo trình không tránh khỏi thiếu sót. Rất mong nhận được sự góp ý của độc giả.*

**CÁC TÁC GIẢ**

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
LỜI NÓI ĐẦU.....	3
<b>Chương 1. ĐẠI CƯƠNG</b>	
1.1. Lịch sử phát triển.....	9
1.2. Tình hình khai thác và sản xuất vàng.....	10
1.3. Tính chất của vàng.....	13
1.3.1. Tính chất vật lý.....	13
1.3.2. Tính chất hóa học.....	14
1.3.3. Các hệ hợp kim vàng.....	16
1.4. Công dụng của vàng.....	19
1.4.1. Trang sức, mỹ nghệ.....	20
1.4.2. Công nghiệp điện và điện tử.....	21
1.4.3. Công nghiệp hàng không và vũ trụ.....	23
1.4.4. Công nghiệp hóa học.....	24
1.4.5. Y học.....	24
1.4.6. Các lĩnh vực khác.....	24
1.5. Các phương pháp luyện vàng.....	25
<b>Chương 2. NGUYÊN LIỆU LUYỆN VÀNG</b>	
2.1. Quặng vàng.....	27
2.1.1. Khoáng vật vàng.....	27
2.1.2. Các loại quặng vàng.....	28
2.1.3. Dạng tồn tại của vàng trong quặng.....	34

2.2. Nguyên liệu chứa vàng khác.....	35
2.2.1. Bã pyrit.....	35
2.2.2. Bà quá trình thủy luyện kẽm từ quặng sphalerit.....	36
2.2.3. Bùn cực dương của quá trình điện phân đồng chì, niken, antimon.....	36
2.2.4. Phế liệu chứa vàng.....	37
2.2.5. Vàng trong nước biển.....	37
2.3. Quặng vàng ở Việt Nam.....	37
2.3.1. Quặng vàng sa khoáng.....	37
2.3.2. Quặng vàng gốc.....	39
2.3.3. Các quặng vàng phức hợp cộng sinh khó xử lý.....	40

### **Chương 3. LÀM GIÀU QUẶNG VÀNG**

3.1. Làm giàu quặng vàng bằng tuyển trọng lực.....	44
3.1.1. Nguyên lý của phương pháp tuyển trọng lực.....	44
3.1.2. Các thiết bị tuyển trọng lực.....	45
3.2. Làm giàu quặng vàng bằng tuyển nổi.....	49
3.2.1. Cơ sở lý thuyết quá trình tuyển nổi.....	50
3.2.2. Thiết bị tuyển nổi quặng vàng.....	53
3.3. Một số thí dụ thực tế tuyển quặng vàng.....	56
3.4. Tinh quặng vàng.....	59

### **Chương 4. LUYỆN VÀNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP AMANGAM**

4.1. Cơ sở lý thuyết.....	61
4.2. Các phương pháp amangam.....	63
4.2.1. Phương pháp hỗn hống trong.....	64
4.2.2. Phương pháp hỗn hống ngoài.....	66
4.3. Xử lý hỗn hống để thu hồi vàng.....	68
4.4. Ưu nhược điểm của phương pháp hỗn hống.....	70
4.5. Ví dụ thực tế sản xuất vàng bằng hỗn hống thủy ngân.....	70

### **Chương 5. LUYỆN VÀNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP XIANUA**

5-1. Cơ sở lý thuyết.....	75
5.1.1. Nhiệt động học của quá trình luyện vàng bằng xianua.....	75
5-1.2. Bản chất điện hóa của quá trình hòa tan vàng trong dung dịch xianua .....	77
5.1.3. Động học của quá trình hòa tan vàng trong dung dịch xianua.....	81
5.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ hòa tan vàng trong dung dịch xianua .....	83
5.2. Các phương pháp xianua .....	88
5.2.1. Phương pháp hòa tách thẩm thấu ngậm chiết.....	88
5.2.2. Phương pháp hòa tách khuấy tan .....	90
5.3. Tách vàng từ dung dịch xianua.....	91
5.3.1. Tách vàng bằng ximăng hóa .....	91
5.3.2. Tách vàng bằng trao đổi ion.....	94
5.3.3. Tách vàng bằng than hoạt tính.....	99
5.3.4. Tách vàng bằng điện phân .....	105

### **Chương 6. CÁC PHƯƠNG PHÁP LUYỆN VÀNG ĐẶC BIỆT**

6.1. Phương pháp tuyển nổi.....	109
6.2. Phương pháp thiêu oxi hóa.....	110
6.3. Phương pháp clorua hóa .....	112
6.3.1. Clorua hóa ướt .....	112
6.3.2. Clorua hóa khô.....	115
6.4. Phương pháp nấu luyện.....	116
6.4.1. Nấu luyện cùng với tinh quặng chì .....	116
6.4.2. Nấu luyện thành sten.....	117
6.5. Phương pháp hòa tách cao áp.....	118
6.6. Phương pháp nung phân hủy .....	118

6.7. Phương pháp vi sinh .....	119
--------------------------------	-----

### **Chương 7. LUYỆN THÀNH VÀNG THỎ TỪ CÁC BÁN SẢN PHẨM**

7.1. Luyện từ các bán sản phẩm của quá trình luyện quặng vàng .....	123
7.2. Luyện từ các sản phẩm trung gian chứa vàng .....	124
7.2.1. Bùn cực dương tinh luyện đồng .....	124
7.2.2. Bã và bùn cực dương của các quá trình tinh luyện chì .....	129
7.2.3. Sản phẩm trung gian của quá trình xử lý quặng antimon .....	131

### **Chương 8. TINH LUYỆN VÀNG**

8.1. Đối tượng và các phương pháp tinh luyện vàng .....	133
8.2. Điện phân tinh luyện vàng .....	133
8.2.1. Cơ sở lý thuyết .....	133
8.2.2. Thực tế điện phân tinh luyện vàng .....	138
8.3. Tinh luyện vàng bằng phương pháp clorua hóa .....	139
8.3.1. Cơ sở lý thuyết .....	139
8.3.2. Thực tế tinh luyện clorua hóa .....	140

### **Chương 9. TÁI CHẾ VÀNG**

9.1. Tái chế vàng từ các dung dịch .....	141
9.2. Tái chế vàng từ phế liệu của xưởng kim hoàn .....	143
9.3. Tái chế vàng từ các hợp kim .....	146
9.4. Tái chế vàng từ các lớp mạ .....	149

### **Chương 10. ĐỘC HẠI TRONG QUÁ TRÌNH LUYỆN VÀNG VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC**

10.1. Thủy ngân .....	153
10.1.1. Độc tính của thủy ngân .....	153
10.1.2. Biện pháp để phòng ngừa nhiễm độc thủy ngân .....	154
10.2. Xianua .....	155

---

10.2.1. Độc tính của xianua.....	155
10.2.2. Biện pháp để phòng nhiễm độc xianua .....	155
10.2.3. Tái sinh và khử độc xianua từ dung dịch thải .....	156
10.3. Chì.....	159
10.3.1. Độc tính của chì .....	159
10.3.1. Biện pháp để phòng nhiễm độc chì.....	160
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>161</b>



## Chương 1

---

# ĐẠI CƯƠNG

### 1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

Vàng là một trong số ít kim loại tồn tại trong thiên nhiên ở dạng nguyên tố tự sinh. Các hạt vàng và khối vàng có màu sắc đẹp đã làm cho con người thời xa xưa chú ý tới. Theo tài liệu lịch sử việc tìm ra và khai thác vàng đã có cách đây khoảng 6000 - 7000 năm do người Atxyri, Babylon, Hy Lạp và La Mã. Trong thời kỳ này việc khai thác vàng hoàn toàn bằng lao động chân tay do các chủ nô đứng ra chỉ huy đông đảo người nô lệ. Ở các mỏ vàng cổ ở Ai Cập quặng vàng được đập bằng tay, sau đó được nghiền, xay trong cối đá, cối xay đá. Để tách các hạt vàng người ta tiếp tục rửa trong các máng hoặc âu thô sơ, đôi khi trong bộ da thú. Tiếp đó người ta nấu và tinh lọc vàng bằng phương pháp oxi hóa, có nghĩa là đã bắt đầu biết tách các oxit kim loại khác thành dạng xỉ nổi lên bề mặt vàng lỏng trong bình nấu làm bằng tro xương.

Trung tâm khai thác vàng thời cổ xưa thuộc về Ai Cập, Tây Ban Nha, vùng lãnh thổ thuộc Hunggari, Rumani, Bungari ngày nay, một số vùng thuộc Tiểu Á, Cápcadơ. Cũng có tài liệu cho rằng trong thời gian này vàng được khai thác ở Trung Hoa và Mỹ.

Vào thời trung đại nền kinh tế còn mang tính tự cung tự cấp, sự trao đổi hàng hóa không có ý nghĩa, vì vậy trải qua nhiều thế kỷ việc khai thác vàng vẫn giữ nguyên tình trạng cũ. Tuy nhiên ở thời kỳ này một số kiến thức hóa học về vàng, bạc được bổ sung nhờ các công trình nghiên cứu của các nhà giả kim học.

Thời kỳ phục hưng được đặc trưng bằng một số tiến bộ về phương pháp khai thác vàng. Người ta đã chế tạo được thiết bị rửa thủy lực các quặng vàng sa khoáng và máy nghiền để nghiền ướt quặng và tiếp đó dùng phương pháp amangam. Nhờ vậy lượng vàng khai thác được tăng lên một cách đáng kể.

Đến thế kỷ 16, sau khi tìm ra châu Mỹ, công nghiệp khai thác vàng được xem như bắt đầu phát triển và có bước nhảy ở giai đoạn từ 1681 đến 1760, khi phát hiện và khai thác mỏ quặng sa khoáng giàu ở Braxin. Tiếp đó vào những năm đầu của thế kỷ 19 công suất khai thác vàng tăng lên rõ rệt liên quan với việc tìm ra và xử lý quặng sa khoáng ở Uran và Xibêri. Kể từ đây, sự tăng trưởng kinh tế tư bản, phát triển giao thông liên lạc đã thúc đẩy việc tìm kiếm các mỏ quặng vàng sa khoáng giàu như vùng quặng ở California (1848) và ở Australia (1851).

Sau đó tốc độ xử lý quặng vàng bắt đầu chững lại. Ở giai đoạn này người ta tập trung vào việc hoàn thiện kỹ thuật. Việc cơ giới hóa khai thác và rửa quặng đã cho phép xử lý quặng sa khoáng nghèo mà trước đây cho là không có ý nghĩa công nghiệp. Phương pháp nghiền amangam cơ giới đã được ứng dụng để xử lý quặng vàng gốc. Ngoài ra người ta đã tìm ra một vài phương pháp mới như thiêu oxi hóa, nấu thành sten để xử lý các loại quặng vàng gốc sunfua.

Đến cuối thế kỷ 19, việc tìm ra mỏ vàng gốc rất lớn ở Nam Phi (chiếm 80% lượng khai thác vàng của thế giới) cùng với quặng vàng có trữ lượng đáng kể ở Ấn Độ (1880) và ở Alatca (1890) đã làm cho công nghiệp vàng phát triển mạnh mẽ. Sự cạn kiệt nguồn quặng vàng sa khoáng và việc tìm ra nguồn trữ lượng lớn quặng vàng gốc nảy sinh yêu cầu phải tìm ra phương pháp mới hoàn hảo hơn để xử lý. Phương pháp xianua ra đời trong bối cảnh đó. Phương pháp này được phát minh từ năm 1843 và được đưa vào ứng dụng công nghiệp năm 1890.

## 1.2. TÌNH HÌNH KHAI THÁC VÀ SẢN XUẤT VÀNG

Các số liệu cụ thể về khai thác và sản xuất vàng xem như chỉ mới được thống kê ở thế kỷ 20 này.

Trong những năm giữa thế kỷ 20 sản lượng vàng khai thác được của thế giới tư bản đạt tới gần 1300 t/năm, trong đó Nam Phi chiếm vị trí thứ nhất khoảng 900 t/năm, thứ hai là Canada khoảng 100 t/năm và thứ ba là Mỹ khoảng 50 t/năm (bảng 1.1). Ở Liên Xô cũ không có số liệu cụ thể về khai thác vàng trong thời kỳ này, tuy nhiên ngay ở thời Nga Hoàng vào năm 1913 đã đạt sản lượng khai thác vàng tới 60 t, chiếm gần 10% sản lượng của toàn thế giới lúc bấy giờ.

Trong thời gian gần đây sản lượng vàng trên thế giới đạt trên 2000 t/năm, tuy nhiên vẫn chưa đáp ứng được nhu cầu của thị trường (bảng 1.2). Trong số đó có 7 nước sản lượng trên 100 t/năm: Nam Phi trên 600 t/năm, Nga và Mỹ mỗi nước khoảng 300 t/năm, Australia 250 t/năm, Canada 200 t/năm, Braxin 150 t/năm, Trung Quốc 130 t/năm. Những nước có sản lượng 20-50 t/năm gồm: Papua