

## Produzione dell'alluminio primario

L'alluminio prodotto a partire dal minerale è detto alluminio primario, quello ottenuto dalla rifusione dei rottami di alluminio, è detto riciclato o secondario.

L'alluminio primario viene ricavato principalmente da un minerale chiamato Bauxite, da questo si ricava l'allumina  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tramite il cosiddetto processo Bayer. Dall'allumina si ricava l'alluminio metallico tramite il processo **di Hall-Héroult**.

La **bauxite** (o **baussite**)<sup>[2]</sup> è una roccia sedimentaria che costituisce la principale fonte per la produzione dell'alluminio dopo che si è sottoposta a processi produttivi.

Prende il nome dal paese di Les Baux-de-Provence, nel sud della Francia, nei pressi del quale sono state aperte le prime miniere nel 1822.

La sua composizione è caratterizzata dalla presenza di diverse specie mineralogiche tra cui prevalgono gli ossidi e gli idrossidi di alluminio e di ferro. In particolare, è ricca di metaidrossido d'alluminio  $\text{AlO(OH)}$  e di ortoidrossido  $\text{Al(OH)}_3$ .<sup>[3]</sup> La quantità di idrossido di alluminio varia nei differenti depositi tra il 30% e il 75%.

In genere un deposito bauxitico si presenta sotto forma di aggregato di consistenza litica nel quale si trovano sparse delle pisoliti, ovvero dei noduli di forma tondeggiante, la cui forma sarebbe dovuta al trasporto subito. Il colore della bauxite è in genere rosso cupo con irregolari macchie biancastre.

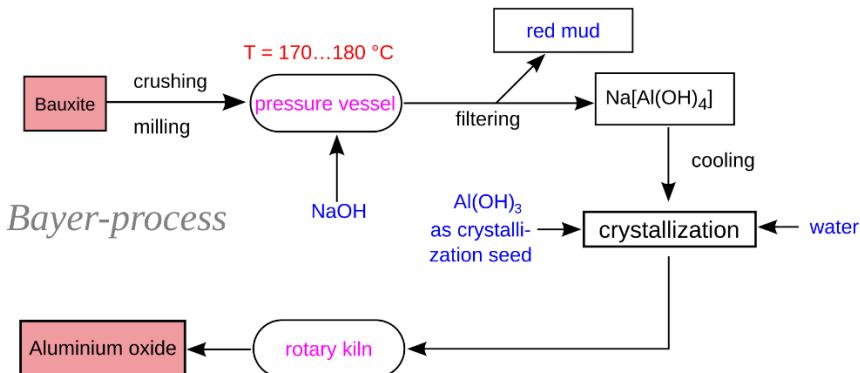
La bauxite è il principale minerale per l'estrazione dell'alluminio.<sup>[3]</sup>



Minerale di Bauxite proveniente dalla miniera di Lecce nei Marsi, attualmente dismessa.

Il **processo Bayer** è il metodo principale, e ad oggi maggiormente usato, per produrre [alluma](#) dalla [bauxite](#). Prende il nome da [Carl Josef Bayer](#) che lo inventò nel [1887](#).

## Descrizione del processo



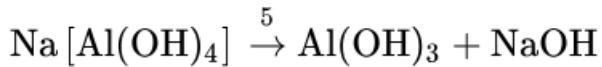
La [bauxite](#), che contiene l'idrato di allumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), è il minerale più importante da cui si ricava l'[alluminio](#), ma contiene solamente il 30-54% di [allumina](#),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , mentre la restante parte è formata principalmente da [silice](#) (ovvero biossido di silicio,  $\text{SiO}_2$ ), ossidi di ferro e [diossido di titanio](#)<sup>[1]</sup>.

Nel processo Bayer la bauxite il particolare il suo contenuto di idrato di allumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), viene lavata con una soluzione di [idrossido di sodio](#),  $\text{NaOH}$ , a  $175^\circ\text{C}$  (fase generalmente chiamata digestione), ottenendo Alluminato di sodio  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  ed altri ossidi di ferro e titanio secondo la reazione:



Gli altri componenti della bauxite non possono essere dissolti nel bagno idrossilico; vengono perciò filtrati e scartati quali impurità solide. La mistura di tali impurità solide viene gergalmente chiamata [fango rosso](#) e presenta non pochi problemi di smaltimento.

Successivamente il bagno idrossilico viene raffreddato, ottenendo la precipitazione dell'[idrossido di alluminio](#)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , sotto forma di solido bianco e vaporoso; tale fase è detta, per l'appunto, [precipitazione](#).



Infine, l'idrossido di alluminio viene scaldato fino a  $1050^\circ\text{C}$ , temperatura alla quale inizia la decomposizione chimica in allumina (fase di [calcinazione](#)), con rilascio di vapor d'acqua:



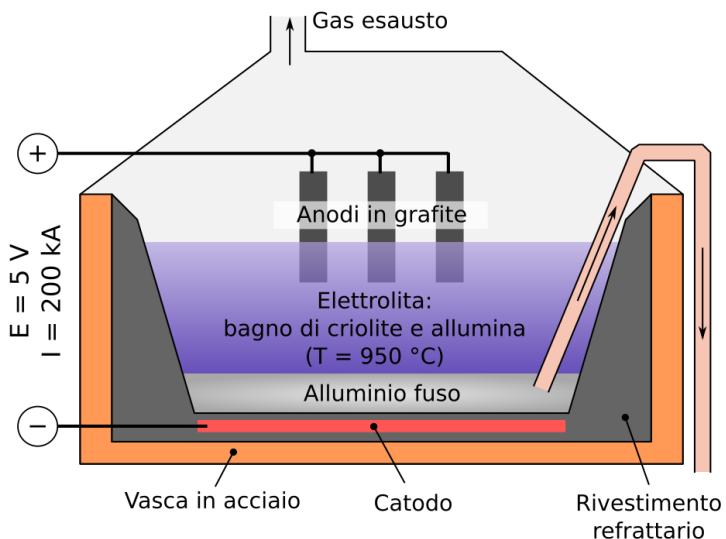
Gran parte dell'allumina prodotta mediante processo Bayer subisce elettrolisi per la produzione di [alluminio](#).

Il **processo di Hall-Héroult** è l'unico processo industriale utilizzato per la [produzione dell'alluminio primario](#)<sup>[1]</sup> (cioè non derivante da [riciclaggio](#)).

Il processo di Hall-Héroult fu messo a punto in maniera indipendente e simultanea nel 1886 dal [chimico](#) statunitense [Charles Martin Hall](#)<sup>[2]</sup> e dal francese [Paul Héroult](#).<sup>[1]</sup>

Nel 1888 Hall inaugurò il primo [impianto](#) per la produzione su larga scala dell'alluminio a [Pittsburgh](#), il quale successivamente conflì nell'azienda [Alcoa](#).<sup>[1]</sup>

## Fasi del processo



Si produce anzitutto [criolite](#)  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  sintetica dalla reazione col fluoruro di idrogeno HF:

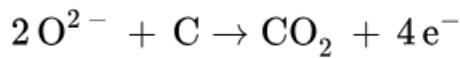


e si esegue la riduzione del metallo in una [cella elettronica](#) utilizzando come [elettrolita](#) una [miscela](#) di criolite 80% / allumina 10% più altri [fondenti](#) ([fluoruro di calcio](#), [carbonato di litio](#)), necessari a causa dell'alto punto di fusione dell'allumina (oltre  $2\,000^{\circ}\text{C}$ ). Grazie a questi additivi la miscela ha punto di fusione di circa  $950\text{--}980^{\circ}\text{C}$ ,<sup>[4]</sup> temperatura che può esser mantenuta dal [calore](#) generato dalla corrente elettrica per [effetto Joule](#) durante il processo di elettrolisi. Gli [elettrodi](#) usati nell'elettrolisi della bauxite sono entrambi di [carbonio](#).

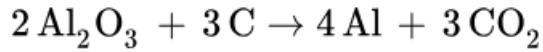


Qui gli ioni di alluminio vengono ridotti, l'alluminio metallico affonda nella miscela fusa poiché più denso e può essere spillato dal fondo della cella elettronica mentre dall'alto si introduce altra allumina da convertire.

All'[anodo](#) si ha invece l'ossidazione dell'elettrodo di carbonio per formare [anidride carbonica](#):



all'anodo si ha pertanto il consumo di carbone per l'elettrodo, che si trasforma in anidride carbonica. La reazione complessiva che ha luogo all'interno della cella elettrolitica è la seguente:



Questo processo richiede, per una tonnellata di alluminio, 1,89 t di allumina, 0,07 t di criolite, 0,45 t di C per gli elettrodi e 11 500–13 500 kWh di energia elettrica:[\[5\]](#) il costo dell'energia è il fattore critico di tale processo.

Proprio a causa delle grandi quantità di [energia](#) richiesta, le fabbriche di alluminio hanno normalmente una propria centrale elettrica nelle immediate vicinanze.