



Application Note AN-PAN-1018

Analisi online di acidi, basi e alluminio nei bagni di anodizzazione

L'anodizzazione è un processo elettrochimico che prevede l'immersione di un metallo (solitamente alluminio) in un bagno acido freddo e l'applicazione di corrente elettrica. Il metallo stesso funge da elettrodo positivo (anodo) in questo processo. Questo trattamento elettrochimico conferisce una superficie più dura e resistente alla corrosione e all'usura, migliorando al contempo la resistenza complessiva del metallo.

Prima della fase di anodizzazione dell'alluminio, le superfici in alluminio vengono pulite in bagni di incisione. Per preservare le proprietà superficiali, è necessario il monitoraggio in tempo reale di basi (ad esempio, NaOH), acidi (ad esempio, H_2SO_4 , HNO_3 , HF, H_3PO_4), e alluminio nel bagno. Il modo migliore per ottenere questo risultato è tramite titolazione in tempo reale con 2060 TI Process Analyzer o 2066 HD Titrolyzer, a seconda delle esigenze dell'utente.

INTRODUZIONE

L'alluminio è il metallo più abbondante sulla Terra ed è un metallo di base molto reattivo [1]. È adatto all'uso industriale perché è leggero, conduce bene l'elettricità e il calore e resiste alla corrosione [2].

L'alluminio metallico reagisce con l'ossigeno, l'acqua o altri agenti ossidanti per creare uno strato protettivo di ossido di alluminio (passivazione) [3–5]. Questo strato di ossido naturale protegge l'alluminio sottostante dalla corrosione, ma con alcune limitazioni [5].

L'anodizzazione è un trattamento elettrochimico che aumenta lo spessore dello strato di ossido di alluminio sulla superficie del metallo. Il processo di anodizzazione rende l'alluminio più duro e più resistente alla ruggine [6]. Comprende fasi di pretrattamento, trattamento del nucleo e finitura per completare il ciclo. (Figura 1) [7].

Per prima cosa, il pezzo viene pulito per rimuovere sporco, olio e lubrificanti. Successivamente, viene trattato con una soluzione speciale per rimuovere lo strato di ossido naturale prima dell'anodizzazione. Questa fase è nota come incisione alcalina.

In questa fase è fondamentale mantenere il giusto equilibrio tra alluminio disciolto e altre sostanze chimiche nel bagno di incisione. Questo equilibrio è spesso definito rapporto alluminio/soda libera.

Se questo rapporto si discosta dall'intervallo raccomandato, si verifica una reazione in cui l'alluminato di sodio si scompone in una sostanza chiamata triidrossido di alluminio. Questo sottoprodotto indesiderato ricopre il pezzo in lavorazione e impedisce al processo di anodizzazione di raggiungere una finitura ottimale. In parole povere, mantenere il rapporto ideale di sostanze nel bagno garantisce un'anodizzazione fluida, mentre una miscela inadeguata interrompe il processo formando

Inoltre, i bagni di anodizzazione sono in genere costituiti da un elettrolita di acido solforico. Durante il processo di anodizzazione, il pezzo viene reso anodico

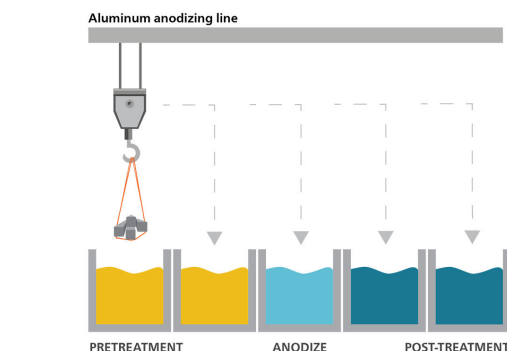


Figure 1. Illustrazione di una tipica linea di anodizzazione.

uno strato che blocca l'anodizzazione.

Tradizionalmente, i processi di incisione possono presentare incongruenze man mano che l'agente di incisione (come l'idrossido di sodio in questo caso) si esaurisce. Questo esaurimento porta a un graduale rallentamento della velocità di incisione, con conseguenti variazioni nell'aspetto del prodotto finale.

Per contrastare queste incongruenze e garantire risultati di alta qualità, è necessario un monitoraggio periodico tramite un analizzatore di processo online. Questi analizzatori monitorano costantemente due componenti cruciali: la concentrazione della soluzione basica (spesso idrossido di sodio) e il livello di alluminio disciolto nel bagno di incisione. Mantenendo questi valori entro un intervallo designato, si garantisce un'incisione uniforme durante l'intero processo.

in modo che il metallo reagisca con l'ossigeno presente nell'anione, formando uno strato di ossido sulla superficie.

Per una finitura anodizzata impeccabile, è essenziale un controllo meticoloso della concentrazione di alluminio e acido solforico all'interno del bagno. Una concentrazione di alluminio troppo elevata può influire negativamente sull'aspetto superficiale finale e aumentare la resistenza elettrica durante il processo. L'acido solforico si consuma a causa del trascinamento del prodotto e deve essere reintegrato regolarmente per ridurre i costi di gestione e garantire comunque una finitura di alta qualità.

Sebbene l'analisi di laboratorio sia stata tradizionalmente utilizzata per monitorare la chimica del bagno di anodizzazione, presenta dei limiti. Questo metodo in genere prevede il prelievo manuale di un campione dal bagno, l'invio a un laboratorio per l'analisi e l'attesa dei risultati. Questo ritardo temporale può portare a incongruenze nel processo di anodizzazione, poiché la chimica del bagno può variare tra i tempi di campionamento. Inoltre, l'analisi di laboratorio può essere laboriosa e costosa.

APPLICAZIONI

Il monitoraggio online dei componenti alcalini e acidi, nonché dell'alluminio, tramite titolazione è possibile con 2060 TI Process Analyzer (**Figura 3**) o 2026 HD Titrolyzer (**Figura 4**) di Metrohm Process Analytics. La scelta dell'analizzatore di processo ottimale dipende dalle specifiche esigenze di monitoraggio (rispettivamente multiparametro o monoparametro).

Al contrario, gli analizzatori di processo online offrono una soluzione più efficiente e affidabile per il mantenimento di una chimica del bagno ottimale. Questi strumenti monitorano costantemente la concentrazione di parametri critici all'interno del bagno, come alluminio disciolto, idrossido di sodio e acido solforico (acido libero). Questi dati quasi in tempo reale consentono di apportare modifiche immediate, garantendo che la chimica del bagno rimanga entro l'intervallo designato 24 ore su 24, 7 giorni su 7.

L'eliminazione del campionamento manuale, unita al monitoraggio continuo offerto dagli analizzatori online, riduce significativamente il rischio di fluttuazioni nella composizione chimica del bagno, con conseguente riduzione dei difetti e della necessità di rilavorazioni. Fornendo un flusso costante di dati accurati, gli analizzatori di processo online consentono ai produttori di ottenere risultati di anodizzazione costanti e di alta qualità.



Figure 3. 2060 TI Process Analyzer di Metrohm Process Analytics in grado di monitorare online diversi parametri critici nel processo di anodizzazione.

Tabella 1. Parametri da monitorare in una linea di anodizzazione e relativi intervalli di concentrazione previsti.

Part of process	Parameter	Range [g/L]
Etching bath	Alkalinity	50–120
	Aluminum	70–150
Anodizing bath	Free acid	0.1–300
	Aluminum	1–10

NOTE

L'alluminio è un materiale ideale anche per altre applicazioni di trattamento superficiale. Può essere pulito utilizzando processi di decapaggio acido per garantirne la completa passivazione. Il processo di decapaggio viene utilizzato anche per preparare l'alluminio all'applicazione di un rivestimento di conversione come strato superficiale protettivo.



Figure 4. 2026 HD Titrolyzer di Metrohm Process Analytics può monitorare online fino a due parametri critici nel processo di anodizzazione.

CONCLUSIONE

Per garantire proprietà superficiali ottimali durante l'anodizzazione dell'alluminio, è fondamentale il monitoraggio continuo sia dei prodotti chimici di pulizia (soluzioni basiche e acide) sia dell'alluminio stesso. Questo può essere efficacemente ottenuto

tramite l'analisi di processo online, utilizzando 2060 TI Process Analyzer fper l'analisi multiparametrica o 2026 HD Titrolyzer per il monitoraggio monoparametrico.

RIFERIMENTI

1. Atwood, D. A.; Yearwood, B. C. The Future of Aluminum Chemistry. *Journal of Organometallic Chemistry* **2000**, 600 (1–2), 186–197. DOI:10.1016/S0022-328X(00)00147-9
2. Paz Martínez-Viademonte, M.; Abrahami, S. T.; Hack, T.; et al. A Review on Anodizing of Aerospace Aluminum Alloys for Corrosion Protection. *Coatings* **2020**, 10 (11), 1106. DOI:10.3390/coatings10111106
3. Zumdahl, S. S. *Introductory Chemistry*, 5th edition.
4. Spira, N. *Aluminum Oxidation: Does Aluminum Rust?*. Kloeckner Metals Corporation. <https://www.kloecknermetals.com/blog/aluminum-oxidation-is-aluminum-corrosion-resistant/> (accessed 2024-06-03).
5. Keijzer, M. *PICKLING, AN EXCELLENT SURFACE TREATMENT FOR ALUMINIUM*; Technical bulletin TB 2004/17; Vecom, 2004.
6. *How does Anodizing Increase Corrosion Resistance?*. <https://www.anoplate.com/news-and-events/how-does-anodizing-increase-corrosion-resistance/> (accessed 2024-06-03).
7. Dorigotti, D. Anodising Aluminium: Everything You Need to Know. *Dragon Metal Manufacturing*, 2023.

APPLICATION NOTES CORRELATE

[AN-PAN-1012](#) Analisi online del contenuto di ioni nichel e ipofosfito nei bagni di nichelatura chimica

[AN-PAN-1019](#) Analisi online di acidi e ferro nei bagni di decapaggio

[AN-PAN-1064](#) Monitoraggio degli agenti complessanti nei bagni galvanici in linea con la spettroscopia Raman

VANTAGGI DELL'ANALISI NEI PROCESSI ONLINE

- Prodotto finale di qualità superiore e maggiore turnover dei metalli (MTO) grazie alla determinazione online dei parametri del bagno.
- Miglioramento della riproducibilità, dei tassi di produzione e della redditività (minori sprechi).
- Diagnostica completamente automatizzata: allarmi automatici quando i campioni non rientrano nei parametri di specifica.



CONTACT

Metrohm Italiana Srl
Via G. Di Vittorio, 5
21040 Origgio (VA)

info@metrohm.it

CONFIGURAZIONE



2060 Process Analyzer

Il 2060 Process Analyzer è un analizzatore chimico per via umida online adatto a innumerevoli applicazioni. Questo analizzatore di processo prevede un nuovo concetto di modularità che consiste in una piattaforma centrale, chiamata «armadio di base».

L'armadio di base è composto da due parti. La parte superiore contiene uno schermo tattile e un PC industriale. La parte inferiore contiene una parte flessibile a umido in cui è alloggiato l'hardware per l'analisi effettiva. Se la capacità di base della parte a umido non è sufficiente a risolvere le sfide delle vostre analisi, è possibile aggiungere all'armadio di base fino a quattro ulteriori armadi con parte a umido per garantire uno spazio sufficiente a risolvere le sfide anche delle applicazioni più impegnative. Gli armadi aggiuntivi possono essere configurati in modo tale da combinare ciascun armadio con parte a umido con un armadio per reagente con rilevamento del livello (non a contatto) integrato, in modo migliorare il tempo di funzionamento dell'analizzatore.

Il 2060 Process Analyzer permette di eseguire diverse tecniche chimiche per via umida: titolazione, titolazione Karl Fischer, fotometria, misurazione diretta e metodi di aggiunta standard.

Per soddisfare tutti i requisiti del progetto (o tutte le vostre esigenze), sono disponibili sistemi di preconditionamento del campione, a garanzia di una soluzione per analisi robusta. Possiamo offrire qualunque sistema di preconditionamento del campione, ad esempio sistemi di raffreddamento o riscaldamento, degassificazione e riduzione della pressione, filtraggio e tanto altro.