

Environmentally friendly and cost-effective electropolishing of titanium: A journey from a laboratory to an industrial process

Gabriel R. Reisinger¹, Natascha Sarain¹
gabriel.reisinger@hamo-kks.com

1) KKS Ultraschall AG, Steinen

Abstract

KKS Ultraschall AG is a specialist in ultrasonic cleaning, surface treatment, and custom system solutions for demanding industries such as medical technology, watchmaking, and precision mechanics. The company designs and manufactures machinery for surface treatment, including systems for cleaning, etching, passivation, anodizing, and electropolishing. In addition, KKS operates the “Medical Surface Center”, where it offers advanced outsourcing services for these surface treatment processes.

Scale-up of electropolishing from laboratory development to industrial production is a major challenge in process and equipment engineering. This contribution focuses on the upscaling of a titanium electropolishing process and discusses the key pitfalls encountered when transferring lab-scale conditions to an industrial environment.

An exploratory investigation was carried out to identify suitable starting parameters and define a feasible operating window for the chosen titanium alloys and electrolyte system. Thereafter, a Taguchi design-of-experiments, was then used to systematically study the influence of process parameters and material variables on surface quality and reproducibility.

The industrial plant was deliberately overengineered compared with the lab setup, offering more degrees of freedom. This flexibility supports a wide range of part geometries but also complicates robust parameter selection. Key aspects include current density, electrolyte temperature, polishing time, bath agitation, and bath composition, as well as part geometry, fixturing, and surface conditions resulting from preprocesses. The composition of the electropolishing medium was adapted following a literature review, aiming to improve surface uniformity, reduce defects, and enhance process stability. However, the industrial results show several differences compared with published data on the lab scale.

Non-uniform current distribution across complex titanium parts – particularly on edges, internal features, welds, and deep recesses – remains a central challenge. Apart from that, suitable fixture and rack design, stable electrolyte conditions, and robust control of operating parameters are essential to achieve repeatable results at an industrial scale. Successful industrial electropolishing scale-up for titanium requires a stable process window and equipment that is adapted to the geometry and production requirements of the parts.

Titan umweltfreundlich und kostengünstig elektropolieren: Der Weg aus dem Labor zum industriellen Prozess

Gabriel R. Reisinger¹, Natascha Sarain¹
gabriel.reisinger@hamo-kks.com

1) KKS Ultraschall AG, Steinen

Abstract

Die KKS Ultraschall AG ist Spezialistin für Ultraschallreinigung, Oberflächenbehandlung und massgeschneiderte Systemlösungen für anspruchsvolle Branchen wie Medizintechnik, Uhrenindustrie und Feinmechanik. Das Unternehmen entwickelt und fertigt Anlagen zur Oberflächenbehandlung. Die Systeme umfassen typischerweise Prozesse wie Reinigung, Ätzen, Passivieren, Anodisieren und Elektropolieren. Darüber hinaus betreibt KKS das „Medical Surface Center“, in dem diese Oberflächenbehandlungsprozesse auch als Dienstleistung angeboten werden.

Der Scale-up von der Labor-Entwicklung bis zur industriellen Produktion stellt eine grosse Herausforderung in der Prozess- und Anlagentechnik dar. Dieser Beitrag fokussiert auf die Hochskalierung eines Elektropolierprozesses für Titan und diskutiert die zentralen Fallstricke bei der Übertragung von Laborbedingungen in ein industrielles Umfeld.

Eine explorative Untersuchung wurde durchgeführt, um geeignete Startparameter zu identifizieren und ein passendes Prozessfenster für die gewählten Titanlegierungen und das Elektrolytssystem zu definieren. Anschliessend wurde ein Taguchi-Design-of-Experiments angewendet, um den Einfluss von Prozessparametern und Materialvariablen auf Oberflächenqualität und Reproduzierbarkeit systematisch zu untersuchen.

Die industrielle Anlage wurde, im Vergleich zur Laboranlage, bewusst „Over-engineered“ und bietet mehr Freiheitsgrade. Diese Flexibilität unterstützt eine breite Palette von Bauteilgeometrien, erschwert aber die Auswahl der Prozessparameter. Wichtige Aspekte sind unter anderem Stromdichte, Elektrolyttemperatur, Polierzeit, Badbewegung, Badzusammensetzung und die Oberflächenzustände aus den Vorprozessen. Auch die Zusammensetzung des Elektropoliermediums wurde nach einer Literaturrecherche angepasst, um Oberflächenhomogenität zu verbessern, Fehler zu reduzieren und die Prozessstabilität zu erhöhen. Die industriellen Ergebnisse zeigen jedoch Unterschiede im Vergleich zu den publizierten Daten von Experimenten im Labor-Massstab.

Eine nicht gleichmässige Stromverteilung, insbesondere bei komplex geformten Titanbauteilen, bleibt eine zentrale Herausforderung. Darüber hinaus sind eine geeignete Aufspannvorrichtung, stabile Elektrolytbedingungen sowie eine robuste Steuerung der Betriebsparameter entscheidend, um reproduzierbare und kosteneffiziente Ergebnisse im industriellen Massstab zu erreichen. Ein erfolgreicher Scale-up für das Elektropolieren von Titanlegierungen erfordert stabile Prozessfenster, die auf die Geometrie und Produktionsanforderungen der Bauteile abgestimmt sind.