

Messung kritischer Grössen zur Steuerung von Prozessen - Leitfähigkeit

Ihre Ziele:

Am Ende dieser Lektion "Messung von prozesskritischen Grössen - Leitfähigkeit" sind Sie in der Lage, die Grösse der Leitfähigkeit zu beurteilen.

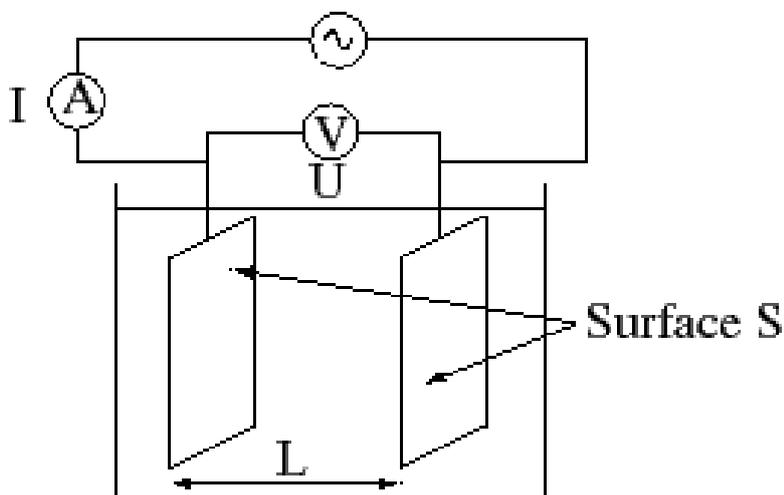
Definition der elektrischen Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit bzw. der spezifische Leitwert ist der Kehrwert des elektrischen Widerstandes (siehe unten). Sie stellt die Fähigkeit eines Materials dar, elektrischen Strom zu leiten. Sie wird üblicherweise durch den griechischen Buchstaben σ dargestellt, wobei κ (besonders in der Elektrotechnik) und γ manchmal auch verwendet werden. Die SI-Einheit der elektrischen Leitfähigkeit ist Siemens pro Meter (S/m).

Der elektrische Widerstand (auch spezifischer elektrischer Widerstand oder Volumenwiderstand genannt) und sein Kehrwert, die elektrische Leitfähigkeit, ist eine grundlegende Eigenschaft eines Materials, die angibt, wie stark es elektrischen Strom entweder widersteht oder leitet. Ein niedriger spezifischer Widerstand weist auf ein Material hin, das leicht elektrischen Strom durchlässt. Der spezifische Widerstand wird üblicherweise durch den griechischen Buchstaben ρ dargestellt. Die SI-Einheit des elektrischen Widerstands ist das Ohm-Meter ($\Omega \cdot m$). Wenn z. B. ein $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ grosser fester Materialwürfel auf zwei gegenüberliegenden Seiten Blechkontakte hat und der Widerstand zwischen diesen Kontakten 1Ω beträgt, ist der spezifische Widerstand des Materials $1 \Omega \cdot m$.

Messung

Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung eines Elektrolyten wird gemessen, indem der Widerstand der Lösung zwischen zwei flachen oder zylindrischen Elektroden, die durch einen festen Abstand getrennt sind, bestimmt wird. Um eine Elektrolyse zu vermeiden, wird eine Wechselspannung verwendet. Der Widerstand wird mit einem Leitfähigkeitsmessgerät gemessen.



Eine grosse Auswahl an Messgeräten ist im Handel erhältlich. Es gibt zwei Arten von Zellen, den klassischen Typ mit flachen oder zylindrischen Elektroden und einen zweiten Typ, der auf Induktion basiert. Viele kommerzielle Systeme bieten eine automatische Temperaturkorrektur.

Hier ist vielleicht ein gutes Erklärungsvideo dazu:

<https://www.youtube.com/watch?v=sVcG65dMZfk>

In der stark regulierten Biotech- und Pharmaindustrie ist eine effektive analytische Messung entscheidend für die Sicherstellung einer hohen Produktionsqualität und betrieblichen Effizienz bei gleichzeitiger Einhaltung von Hygienestandards. Eine wichtige Messanwendung ist die Leitfähigkeitsanalyse bei Clean-in-Place (CIP)-Prozessen, wird aber auch bei vielen anderen Prozessen eingesetzt. Die Leitfähigkeitsmessung ist ein so wesentlicher Bestandteil des pharmazeutischen Herstellungsprozesses, dass man sie leicht als selbstverständlich ansieht. Das Verständnis einiger Grundlagen ihrer Funktionsweise und korrekten Anwendung kann jedoch einen erheblichen Unterschied in der Effektivität und Effizienz von CIP ausmachen.

Leitfähigkeit bei CIP (Cleaning in Place)

Der CIP-Prozess stellt sicher, dass die Anlagen gereinigt und gewartet werden, um mögliche Kreuzkontaminationen zu minimieren und die Sicherheit und Produktqualität zu verbessern. Die Leitfähigkeitsanalyse ist ein Mass dafür, wie gut eine Lösung Elektrizität leitet. Reinigungslösungen sind leitfähiger als Wasser, das zum Spülen des Systems verwendet wird. Daher ermöglicht die Leitfähigkeitsmessung den Anlagen die Überwachung der Reinigungsschritte und der abschliessenden Spülung, um deren Vollständigkeit sicherzustellen.

Im Idealfall maximiert ein CIP-Prozess die Sicherheit und verhindert gleichzeitig Kreuzkontaminationen. Wenn Sie also die CIP-Zeit verlängern, minimieren Sie Produktionsausfälle und optimieren gleichzeitig den thermischen Wirkungsgrad, reduzieren den Energiebedarf und vermeiden übermässige Wärmeverluste.

Der mehrstufige CIP-Prozess umfasst die anfängliche und abschliessende Entleerung, die Vorspülung, die Natriumhydroxidwäsche und die Nachspülung. Einige Prozesse können auch einen Desinfektionszyklus beinhalten, um die bakterielle Kontamination zu reduzieren, indem starke Oxidationsmittel wie Wasserstoffperoxid, Ozon, Chlordioxid oder andere chlorhaltige Verbindungen verwendet werden. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass Verarbeitungsanlagen sicherstellen, dass diese Chemikalien gründlich entfernt werden, nicht nur, um eine Kreuzkontamination zu vermeiden, sondern auch, um eine Korrosion der Geräte zu verhindern.

Eine wirksame Reinigung wird durch die Stärke des Reinigungsmittels, die Reinigungszeit und die Temperatur bestimmt. Die Leitfähigkeitsmessung wird während des gesamten CIP-Prozesses eingesetzt, um die richtige Reinigungsmittelkonzentration sicherzustellen und den Abschluss der einzelnen Schritte zu überwachen. Durch die Messung der Leitfähigkeit der zurückfliessenden Säure- und Laugenlösungen können Anlagen bestätigen, dass das

Reinigungsmittel die richtige Stärke mit der richtigen Konzentration von Säure und Lauge für jeden CIP-Kreislauf aufweist. Diese Leitfähigkeitsmessungen sind proportional zur Konzentration oder Lösungsstärke und werden zur Validierung aufgezeichnet. Da es üblich ist, dass Flüssigkeiten während des CIP-Prozesses nur teilweise neutralisiert werden, zeigen Leitfähigkeitsanalysen an, wann zusätzliches Konzentrat zugegeben werden sollte.

Durch die Messung der Leitfähigkeit können Anlagen die Schnittstelle zwischen Reinigungslösungen und Spülwasser bestimmen. Wenn die Leitfähigkeit auf den Wert des Spülwassers fällt, zeigt dies an, dass der nächste Schritt im Zyklus beginnen kann. Dieses Verfahren minimiert die CIP-Zeit bei gleichzeitiger Einhaltung der (Standard-)Vorschriften. Die Leitfähigkeit ist auch ein effektives Mittel, um die Grenzfläche zwischen den Reinigungslösungen und dem Produkt zu erkennen, so dass Ventile zum richtigen Zeitpunkt geschaltet werden können, um sowohl Kreuzkontamination als auch Produktverschleiss zu vermeiden.