

MET-Technologie: Innovative mikrowelleninduzierte Öl-Wasser-Gemisch-Trennung im Entsorgungsbereich

SRH Team: Prof. Dr. Ulrike Gayh & M.Sc. Vilmaurora Castillo-Moie

GiveTech Team: Dr. T. Seyrich & A. Blätte

Einleitung

Öl-in-Wasser-Emulsionen werden in der metallverarbeitenden Industrie als Kühlschmierstoffe für Bohren, Drehen, Fräsen und Schleifen verwendet⁽¹⁾. Eine weitere Quelle, aus der große Mengen ölhaltigen Wassers stammen, ist die Förderung, der Transport und die Verarbeitung von Erdöl⁽²⁾. Unbehandeltes ölhaltiges Abwasser erhöht die organische Belastung von Gewässern, reduziert Sonneneinstrahlung und stört das aquatische Ökosystem, weshalb seine Behandlung entscheidend ist.

Chemische Methoden zur Emulsionsspaltung sind weit verbreitet und ermöglichen schnelle Trennung und optimale Emulgatoranpassung, jedoch mit Nachteilen wie Nebenprodukten, Sekundärverschmutzung und hohen Kosten⁽³⁾. In den letzten Jahren hat die Mikrowellentechnologie aufgrund ihrer Effizienz bei der Beschleunigung chemischer Reaktionen an Popularität gewonnen⁽⁴⁾. Im Jahr 2008 wurde der MET (Mikrowelleninduzierte Emulsions-Trennung)-Technologie bzw. dem MET-Gerät das Europapatent (Patent Nr. 1663436) erteilt. Die Ergebnisse verschiedener Studien lieferten wertvolle erste Befunde, die beispielsweise eine Trennrate von bis zu 90 % des Öls im Wasser aufzeigten.

Ziel des Projektes ist die Beurteilung der Trennleistung und Energieeffizienz des MET-Verfahrens durch Vergleichsversuche im Technikumsmaßstab.

Versuchsaufbau

Das Emulsionsmaterial stammt von einer Entsorgungsfirma in Mannheim, welche Abfälle hauptsächlich aus Werkstätten und Metallbearbeitungsbetrieben erhält und zur Wasseraufbereitung eine Verdampfungsanlage für Mischemulsionen einsetzt. Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden Emulsionen mit einem Mineralölgehalt von ca. 5 % sowie konzentrierte Emulsionen (Mineralölgehalt > 50 %) untersucht.

Die 200-Liter-Edelstahlbehälter wurden zu 80 % gefüllt, was 160 Litern entspricht. Nach dem Befüllen wurde in jeden Behälter ein Heizstab eingesetzt. Jeder Heizstab wurde an den Temperaturregler angeschlossen, um die Emulsion auf 60 °C zu halten. Die Probenflaschen wurden mit der Behälternummer und dem Datum der Probenahme beschriftet. Jede Probe enthielt zwei Flaschen: den oberen und den unteren Teil des Edelstahlbehälters. Zwei MET-Behandlungen wurden in Behälter T1 zu bestimmten Zeitpunkten während jedes Versuchs durchgeführt. Die physikalisch-chemische Analyse (pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit, Salinität und TDS) erfolgte mit einem Voltcraft-Multimeter, Modell KBM 700, mit verschiedenen Elektroden.

Die Heiz-, Rühr- und das MET-Geräte wurden an ein Energiemessgerät angeschlossen, um den Energieverbrauch zu messen.

Zur Prüfung der Auswirkungen einer MET-Behandlung wurden statistische Testverfahren eingesetzt. Konkret wurden die Mann-Whitney-U-Tests verwendet, da diese keine Normalverteilung der Proben (ausgeschlossen nach Kolmogorov-Smirnov mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$) voraussetzen.



Abbildung 1. Ausrüstung für die Probenahmen

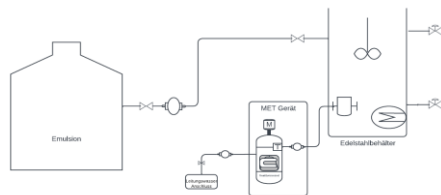


Abbildung 2. Ablaufschema der Emulsionsbehandlung mit dem MET-Gerät

MET-Behandlung

Die Abbildung 2 zeigt den allgemeinen Prozess der MET-Technologie. Der Prozess innerhalb des MET-Geräts läuft wie folgt ab: Sobald das Gerät eingeschaltet wird, füllt sich der Glasbehälter mit Wasser. Sobald die Sensoren einen ausreichenden Wasserstand feststellen, erzeugt das Magnetron Mikrowellen, welche eine Erhitzungsreaktion im Glasgefäß auslösen. Während der Erhitzungsreaktion im Glasbehälter steigt der behandelte Wasserdampf auf und strömt durch eine Metalllanze, welche in den Behälter mit der zu behandelnden Emulsion eingeführt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

In allen vier Experimenten konnten die Parameter das erwartete Verhalten bei der Phasentrennung bestätigen. Dies bedeutet, dass sich die Öltröpfchen während der Trennung von Öl und Wasser sammeln und eine separate Phase bilden. Der Salzgehalt verbleibt hauptsächlich in der wässrigen Phase (Unteren Phasen), da Salze eine hohe Löslichkeit in Wasser aufweisen. In der Ölphase (Oberen Phasen) ist folglich eine geringere Leitfähigkeit im Vergleich zur wässrigen Phase zu verzeichnen.

In Bezug auf den Wassergehalt konnten in drei der vier Versuche signifikante statistische Unterschiede mit 95%iger Sicherheit zwischen dem mit MET-Gerät behandelten Behälter und dem Kontrollbehälter festgestellt werden. Die Abbildung 3 veranschaulicht das Verhalten der obersten Proben des ersten Versuchs.

Die Berechnung des Energiebedarfs für eine einzige MET-Behandlung ergab einen Wert von 9,44 kWh. Diverse Emulsionsbehandlungsgeräte anderer Anbieter geben einen durchschnittlichen Energieverbrauch von circa 50 kWh/m³ an. Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Kosten einer MET-Behandlung wegen der Nichtbenutzung von Chemikalien im Vergleich zu den anderen Emulsionsspaltungsverfahren geringer ausfallen.



Abbildung 3. Wassergehalt der oberen Proben des ersten Versuchs

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Ergebnisse der MET-Behandlungen weisen auf eine statistische signifikante Veränderung der behandelten Emulsion im Vergleich zur Kontrollemulsion hin. Damit ist erwiesen, dass es sich dabei um eine sinnvolle Ergänzung der derzeit vorhandenen Technologien zur Emulsionstrennung handelt. Infolgedessen positioniert sich aus unserer Sicht die MET-Technologie als eine attraktive, wirtschaftlich effiziente und ökologisch nachhaltige Option zur Trennung von Emulsionen. Zur Optimierung der MET-Methode sind daher weitere Empfehlungen wie die Anschaffung spezieller Geräte zur Analyse bestimmter Parameter des Trennprozesses und eine bessere Erhitzungsmethode erforderlich. Für zukünftige Experimente, werden Empfehlungen wie Größere Stichprobengröße, Doppelbestimmungen und Verlängerte Experimentdauer in Betracht gezogen.

Reference

- (1). Isenbug, T. (2008). Sparen mit Vakuumverdampfen: Prozesswasser-Aufbereitung. JOT Journal für Oberflächentechnik, 48, 62-68.
- (2). Gidarakos, E. K. (1989). Entsorgung von Öl-in-Wasser-Emulsionen durch Elektrokoagulation. Chemie Ingenieur Technik, 61(6), 443-448.
- (3). Kovaleva, L., Zinnatullin, R., Musin, A., Gabdräfov, A., Sultanoguzhin, R., & Kireev, V. (2021). Influence of radio-frequency and microwave electromagnetic treatment on water-in-oil emulsion separation. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 614.
- (4). Fortuny, M., Oliveira, C., Melo, R., Nele, M., Coutinho, R., & Santos, A. (2007). Effect of salinity, temperature, water content and pH on the microwave demulsification of crude oil of emulsion. Energy & Fuels, 21(3), 1358-1364.