

## TEL ÇEKME PROSESİNDE KULLANILAN KATI YAĞLAYICILARIN KARAKTERİZASYONU VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ YAĞLAYICI İLE KIYASLANMASI<sup>1</sup>

**Hakan YILDIZ, Fadime Irmak BALMUMCU, Tankut ASLANTAŞ**

*MEFA Endüstri, Ar-Ge ve İş Geliştirme Müdürlüğü, Ankara / Türkiye*

**Öz:** Metal tel ürünleri imalat, otomotiv, yarı iletken, kaynak, beyaz eşya, havacılık vb. birçok sektörde kullanılmaktadır. Metal tel çekme sektöründe üretilen ürüne göre farklı sıvı veya katı yağlayıcılar kullanılmakta olup, yağlayıcı seçimi ve üretim süreci üretilen ürüne ve istenen ürün kalitesine göre farklılık gösterebilmektedir. Çelik tel çekme sektöründe ağırlıklı olarak kalsiyum ve sodyum katı yağlayıcıları kullanılmakta ve organik yağ asitlerinden üretilmektedir. Organik yapıları sebebi ile proses esnasında oluşan ısıya tolere edebilme özellikleri bulunması gereken yağ asitleri, istenilen ürün yüzey kalitesine göre inorganik bileşenlerde içerebilmektedir. İnovasyon yönetimi kapsamında süreç analizi ve iyileştirme çalışmaları için farklı yapıları bünyesinde bulunduran katı yağlayıcıların karakterizasyonun sağlanması ile üretim sürecinde kullanılan soğutma sistemlerinin çıkan verilere göre modernize edilmesi üretim esnasında meydana gelen enerji tüketimini azaltması ve tel üzerinde katı yağlayıcı yanığı kaynaklı olarak yüzey kalitesini olumsuz etkilememesi için önem arz etmektedir. Takip eden proseslerde tel yüzeyinin kirli kalması ise kaplama, kesme, bükme vb. proseslerde olumsuzluklar meydana getirmektedir. Katı yağlayıcıların polimer yapılarının incelenmesi için FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi), DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) ve TGA (Termogravimetrik Analiz) analizleri yapılmıştır. Ayrıca, çamur olarak elde edilen üretimde kullanılmış yağlayıcıların içerisinde tufal tozunun uzaklaştırılması sonrası çıkan geri dönüştürülmüş yağlayıcı karışımının orijinal yağlayıcı analizleri ile kıyaslanmış ve üretim denemesi yapılmıştır. Çıkan sonuçlar ile yağlayıcıların istenen kalite için kullanım sıcaklıkları tespit edilmiş, geri dönüştürülmüş yağlayıcının ise üretim denemelerindeki elverişliliği araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi), DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre), TGA (Termogravimetrik Analiz), Tel Çekme, Katı Yağlayıcı, Karakterizasyon, İnovasyon Yönetimi

### GİRİŞ VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Tel çekme sektöründe yapılan üretim gündelik hayatta bulunan birçok ürün içerisinde yer almakta olup, otomotiv sektöründeki süspansiyon yayları, elektrik iletiminde kullanılan bakır kablolar, halat sektöründe kullanılan çelikler, beyaz eşya sektöründe kullanılan bulaşık sepetleri ve fırın ızgaraları gibi geniş bir ürün yelpazesini içermektedir. Üretilen ürüne ve istenen yüzey kalitesine göre endüstride kullanılan yağlayıcılar katı veya sıvı olarak iki farklı türde yer almaktadır.

Katı yağlayıcılar çelik tel ürünleri içerisinde karbon çeliklerinde ve paslanmaz çelik ürün grubunda kullanılmakta ve bazı uygulamalarda fosfat kaplama prosesi yapılarak da tel çekimi gerçekleştirilmektedir. Çelik tel çekme prosesinde stearat barındıran metal içeren sodyum ve kalsiyum katı yağlayıcıları parlak yüzey kalitesi elde etme amaçlı ve hadde geçişlerinde maksimum redüksiyon oranlarına ulaşabilmek için kullanılmaktadır. Stearat bazlı bu yapıların farklı sektörlerde uygulamaları da mevcut olup farklı metaller ile olan bileşikleri de kullanılmaktadır (Phillips, vd., 2021)

Tel çekme uygulamalarında kullanılan stearat yapılarının yüksek basınç ortamlarında yağlayıcı özellikleri tribolojik olarak incelenmiş ve proses sonrasında sürtünen yüzey üzerinde yapılan inceleme sonrası kalıntı yağlayıcılar FT-IR ile analiz edilmiştir (Schlichting, vd., 2024).

---

<sup>1</sup> Bu çalışmada analiz hizmetleri Intertek firmasından alınmıştır. ORCID NO: 0009-0004-4889-3589, 0000-0001-7011-110X, 0000-0003-4294-001X

Metal stearat yapıların üretim saflığı, üretilen stearat yapılarının karakterizasyonu, SEM ile morfoloji incelemeleri yapılmıştır (Moreira vd., 2009). Kalsiyum iyonuna bağlanan yapıların spesifik olduğu ve bu yapıların farklı katı yağlayıcı ürünlerinde de gözlemlenebileceği FT-IR analizleri ile belirtildiği ve kalsiyum stearat oluşma oranları üzerine nicel çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Muijlwijk vd., 2024).

TGA (Termogravimetrik Analiz) ve DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) çalışmaları ile bileşikteki karbon atom sayısının tek veya çift olan molekül yapılarının sodyum yağlayıcıları için gerçekleştirilmiştir (Pacor & Spier, 1967).

Yapılan farklı çalışmalarda tel çekme prosesinde kullanılan geri dönüştürülmüş katı yağlayıcı ile, üretim çalışmaları yapılmış ve ürün incelemeleri gerçekleştirilmiştir (Benlice, 2020); (Eren vd., 2023). Yapılan çalışmalarda kuru tipli seperasyon ile XRF (X-ışınları Floresans (XRF) spektroskopisi), FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi), TGA ve bükme testleri gerçekleştirilmiştir.

### **AMAÇ**

Çelik tel çekme sektöründe kullanılan yağlayıcıların farklı yöntemler beraber kullanılarak oluşturulmuş çalışmaların azlığı, geri dönüştürülmüş ürün ile orijinal kuru yağlayıcı ürünlerinin analiz yöntemlerinde karşılaştırılmasının yetersizliği sebebi ile orijinal ve geri dönüştürülmüş katı yağlayıcı ile kıyaslamalı analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında katı yağlayıcı kullanımı gerçekleşen farklı sektörlerdeki ürün grupları, geri dönüşüm çalışmalarında karakterizasyon yöntemlerine yol göstermesini amaçlamaktadır.

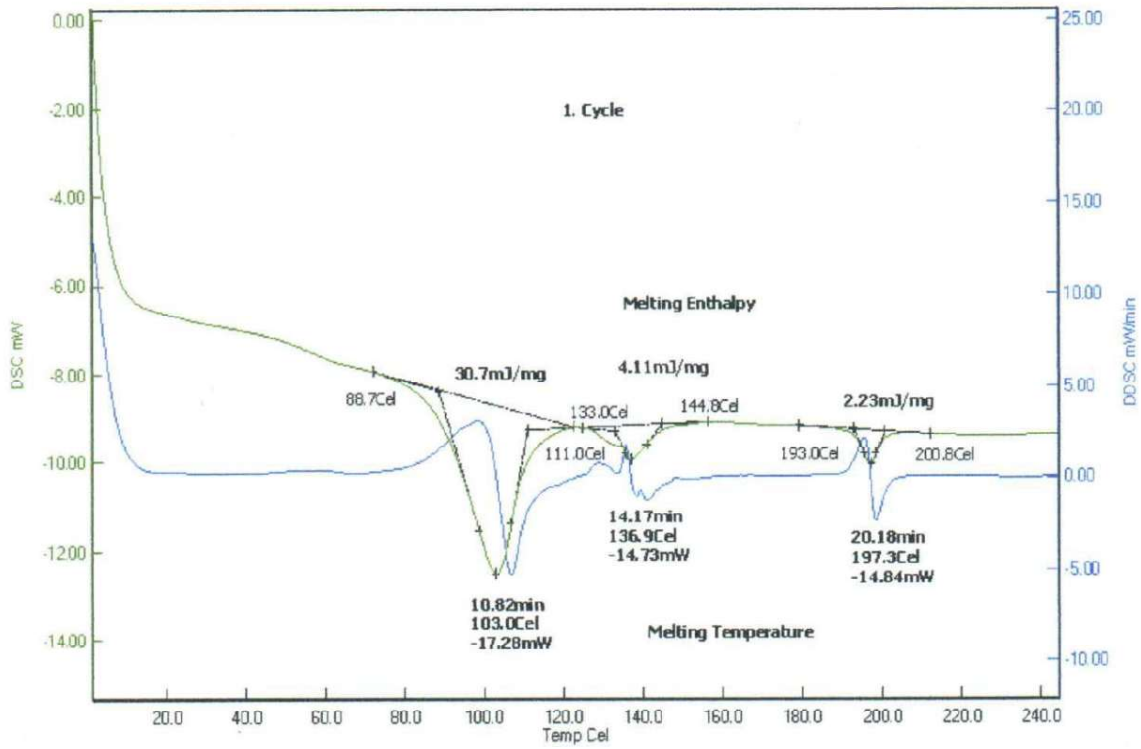
### **KAPSAM**

Bu çalışma kapsamında ISO 11357-3 standardına uygun olarak DSC analizleri, ASTM E1131 standardına uygun TGA analizleri ve ASTM E1252 standardına uygun olarak FT-IR analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ve kıyaslamaları hem orijinal hem geri dönüştürülmüş ürünler için uygulanmıştır.

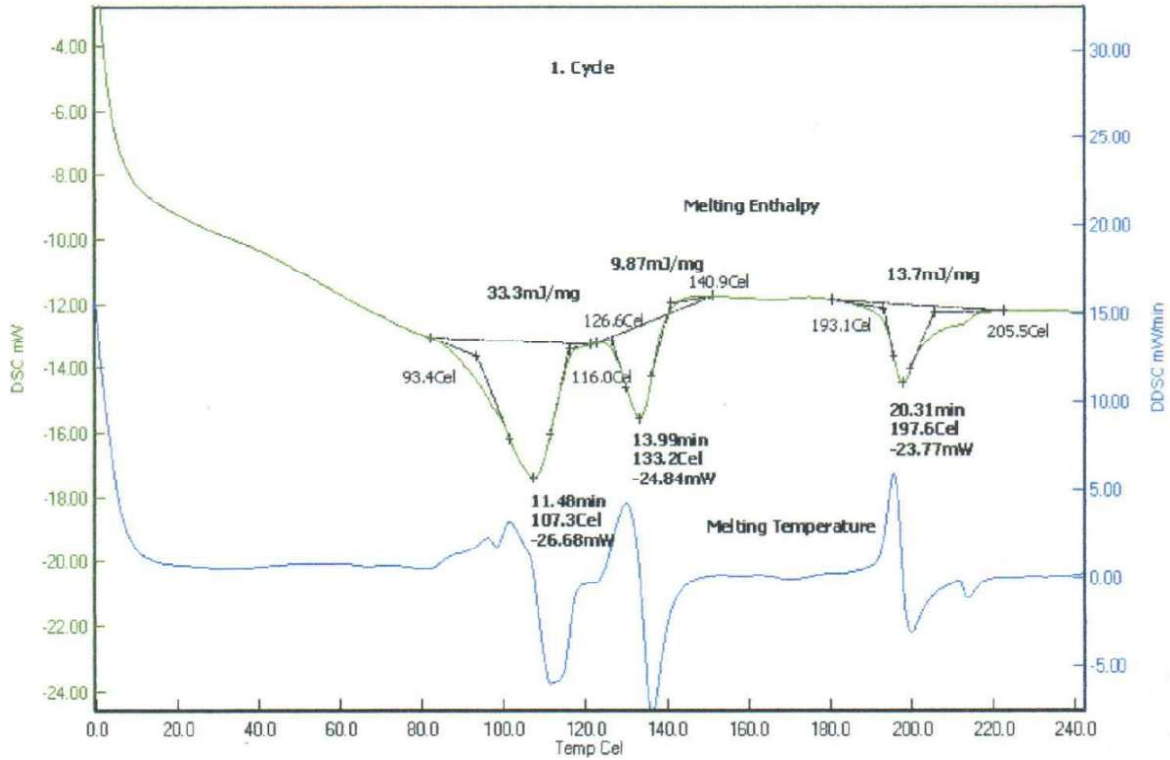
DSC analizleri için birinci döngü ve birleşik kıyaslama için ikinci döngüler dahil olarak gösterilmiştir. FT-IR analizi için kalsiyum yağlayıcı, sodyum yağlayıcı ve geri dönüştürülmüş yağlayıcı birleşik olarak verilmiştir.

### **BULGULAR**

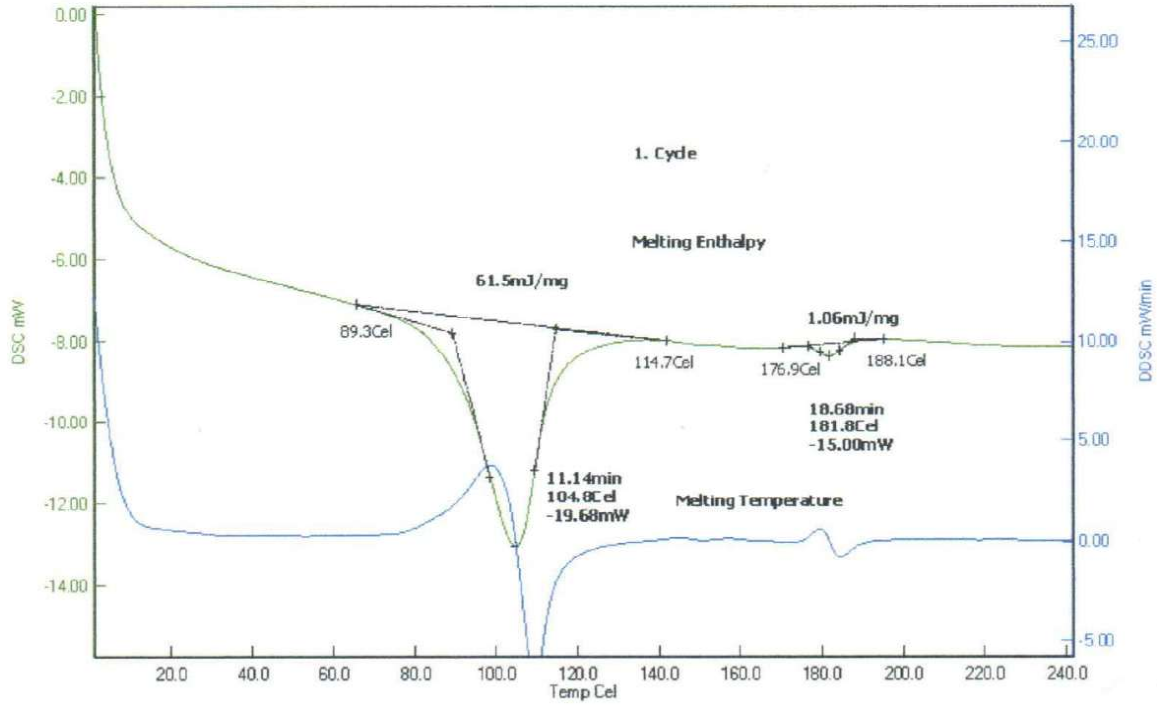
DSC analizleri ile katı yağlayıcıların farklı erime noktaları ölçülmüştür. Çalışılan yağlayıcı türevi için üç farklı erime sıcaklığı olduğu ve 250°C' den sonra tekrar soğuma ile polimer kristalleşmesinin gerçekleştiği sıcaklıklar tespit edilmiştir.



Grafik 1. Kalsiyum Yağlayıcı DSC-1. Döngü

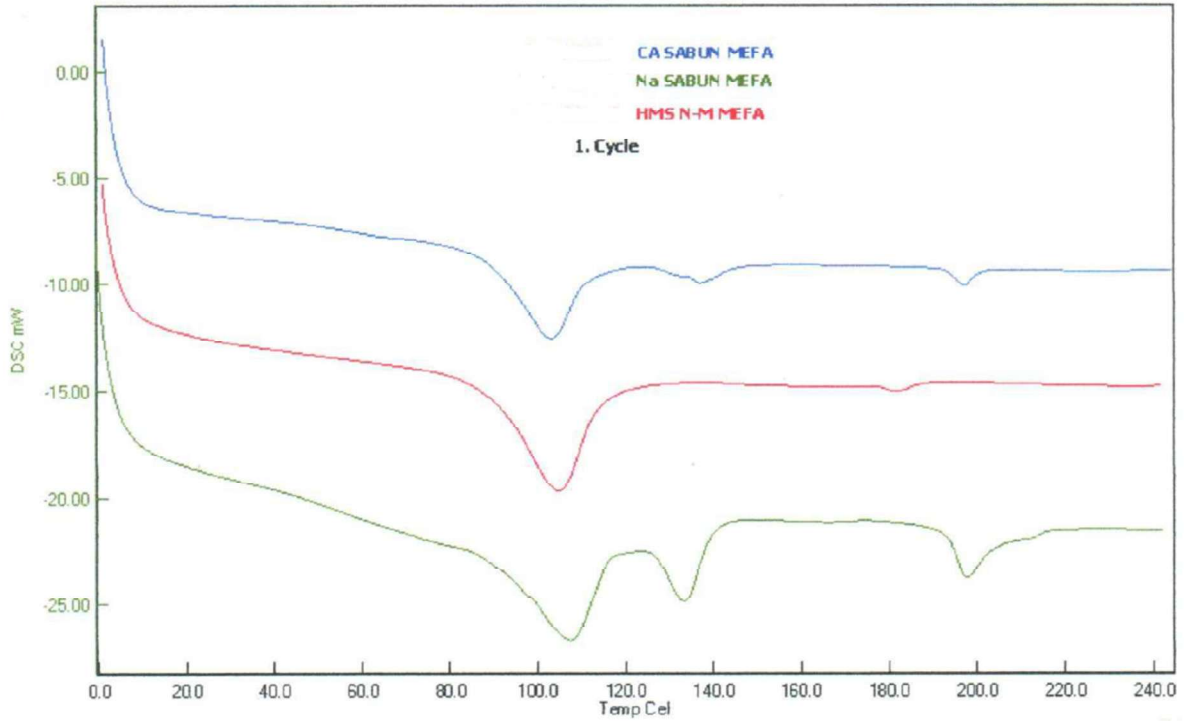


Grafik 2. Sodyum Yağlayıcı DSC 1. Döngü



**Grafik 3.** Geri Dönüştürülmüş Yağlayıcı DSC 1. Döngü

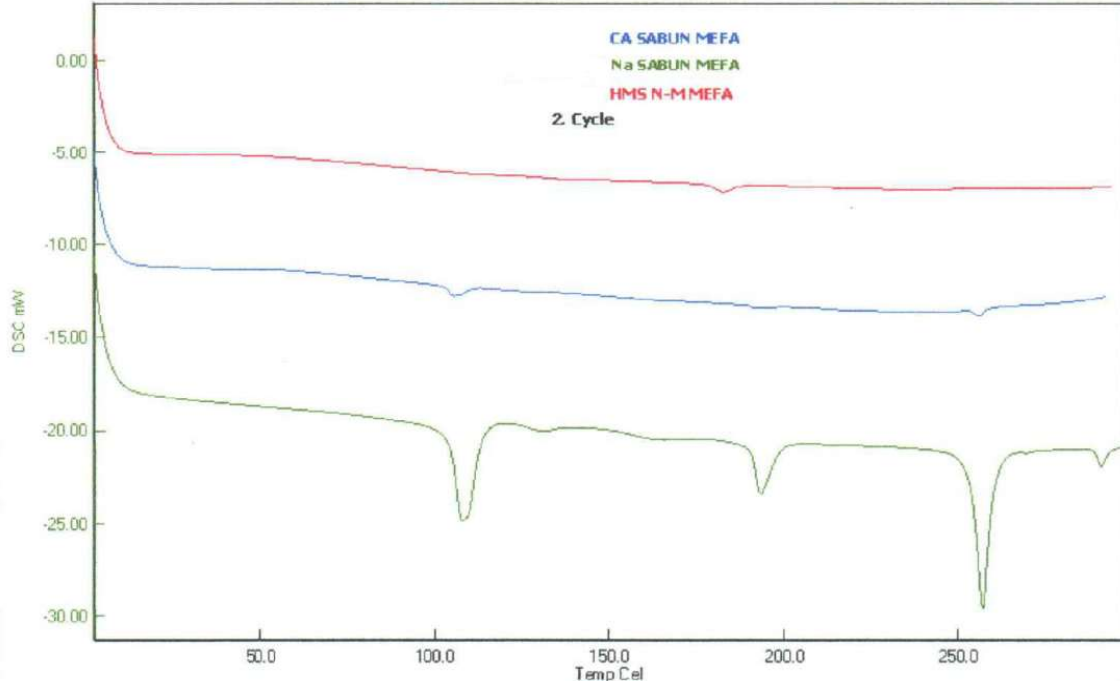
Birinci ve ikinci döngüler üst üste çalışıldığı durumda 1. döngü ilk erime sıcaklıklarının kalsiyum ve sodyum yağlayıcıları için benzer sıcaklık değerleri varken, geri dönüştürülmüş yağlayıcı için bu değerlere yakın olduğu görülmüştür.



**Grafik 4.** Birleştirilmiş DSC 1. Döngü

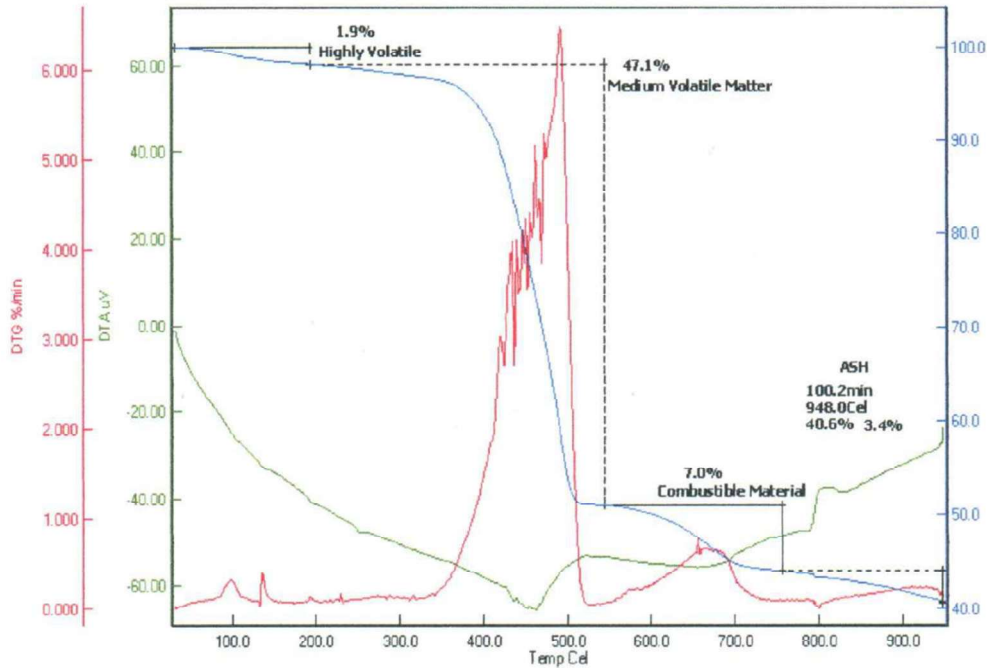
Sodyum yağlayıcı 2. döngü analizinde belirgin pik değerleri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, bileşik içerisindeki sodyum elementinin sürekli tepkimeye girerek kararlı bir yapıya ulaşması yönünde olduğu düşünülmektedir. Kalsiyum yağlayıcı ve kırmızı ile gösterilen geri

dönüştürülmüş yağlayıcıda bu durum çok gözlemlenmemiştir. Bu sonuç bazında sulu geri dönüşüm yapıldığı için kazanılan ürünün sodyum içeriğinin az veya olmadığı yönündedir.

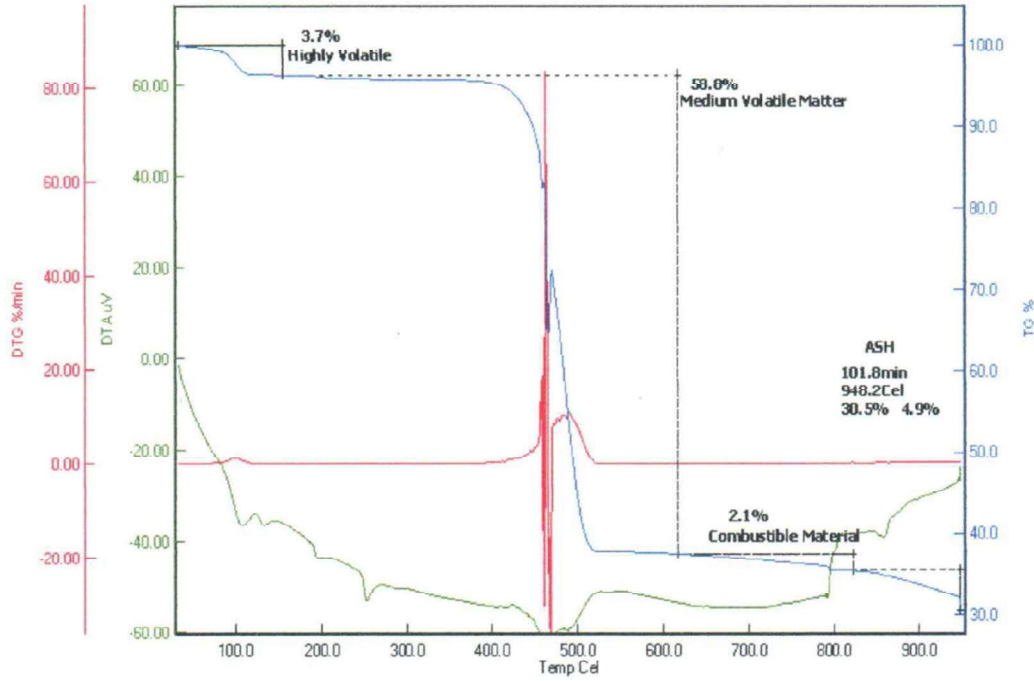


**Grafik 5.** Birleştirilmiş DSC 2. Döngü

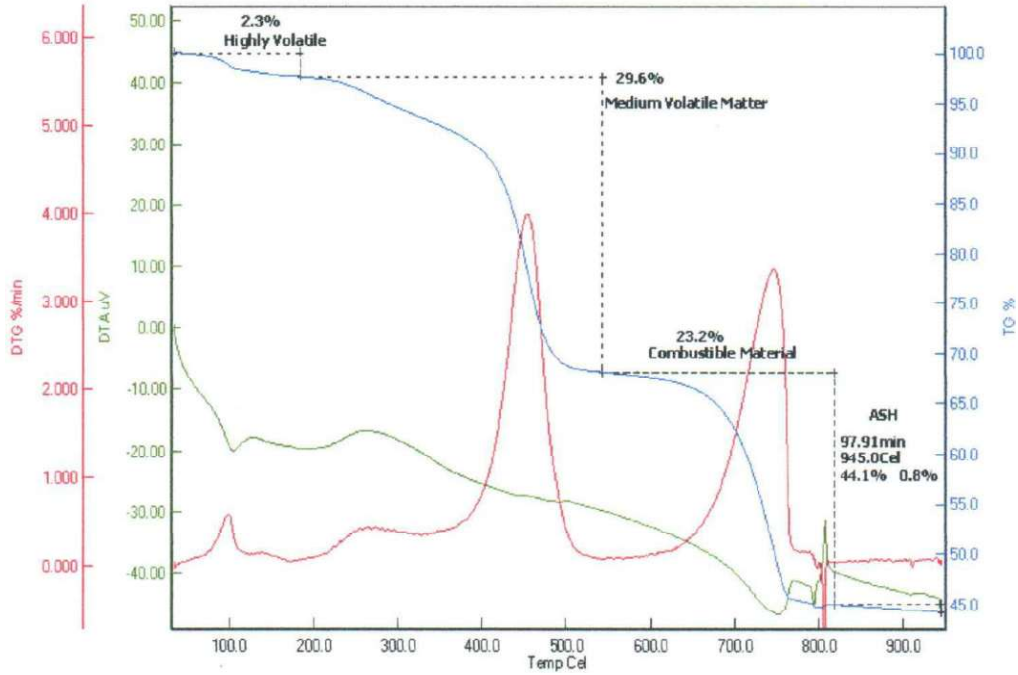
TGA analiz çıktılarında yağlayıcıların farklı oranlarda yüksek ve orta uçucu, yanıcı ve kül içeriklerine sahip oldukları gözükmemektedir. TGA analizleri 1000°C seviyelerine kadar gerçekleştirildiği için kül oranları inorganik miktarları olarak değerlendirilmektedir. Geri dönüştürülmüş yağlayıcıda ise orta uçucu oranı ve yanıcı madde oranının birbirine yakın olduğu, kül miktarının ise kalsiyum yağlayıcı ile aynı seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



**Grafik 6.** Kalsiyum Yağlayıcı TGA

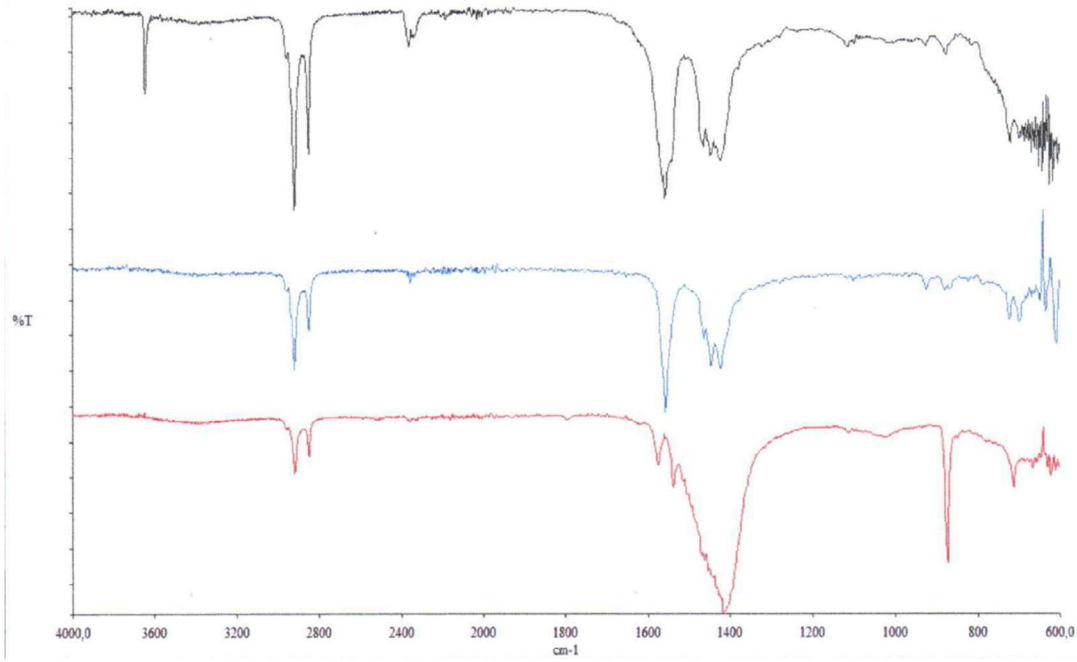


**Grafik 7.** Sodyum Yağlayıcı TGA



**Grafik 8.** Geri Dönüştürülmüş Yağlayıcı TGA

FT-IR analizlerinde gözlemlenen pik değerleri kalsiyum ve sodyum yağlayıcıları ile benzerlik göstermekte iken, geri dönüştürülmüş yağlayıcı ürününde 1600-1200  $\text{cm}^{-1}$  dalga boylarında oransal büyüme olduğu gözlemlenmektedir. Bu sonuç soğuk tel çekme prosesi esnasında oluşan ani sıcaklık artışından veya morfolojik olarak çelik tel redüksiyonu esnasında tel ile hadde arasında meydana gelen yüksek basınç kaynaklı yağlayıcıda yapısında değişiklikler olduğu düşünülmektedir.



**Grafik 9.** Birleşik FT-IR Analizi

## SONUÇ

Yapılan çalışmada tel çekme sektöründe kullanılan katı yağlayıcıların orijinal hali ve ıslak manyetik yöntemler ile ayrıştırıldıktan sonra DSC, TGA ve FT-IR analizlerinin yapılması ve kıyaslanmasını içermekte ve DSC analizlerinde katı yağlayıcıların benzer şekilde üç farklı erime noktası sıcaklığına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Geri dönüştürülmüş katı yağlayıcı ürününde ve kalsiyum yağlayıcıda belirgin pik değerleri oluşmazken sodyum stearat yağlayıcıda DSC 2. döngüsünde sodyum metalinin aktifliği sebebi ile belirgin pikler oluştuğu gözlemlenmiştir.

TGA analizleri orijinal ve geri dönüştürülmüş katı yağlayıcılar için karşılaştırılmış ve her üç numunede de yüksek ve orta uçucu bileşiklerin bulunduğu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- Benlice, E. (2020). *Tel Çekme Prosesinde Kullanılmış Atık Toz Yağlayıcıun Geri Kazanımı için Endüstriyel Tasarımı*. [Yüksek lisans tezi]. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Eren, O., Gerçekcioğlu, E., Benlice, E., Yılmaz, E., & Duran, A. (2023). System design and prototype manufacturing for the recovery of lubricant powder used in wire drawing process. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(2), 451-461.
- Moreira, A., Souza, B., & Teixeira, A. (2009). Monitoring of calcium stearate formation by thermogravimetry. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 97(2), 647-652.
- Muijlwijk, K., Feitsma, A. L., & Kloek, W. (2024). Using FT-IR as a fast method to measure fatty acid soaps in in vivo and in vitro digests. *Analytical Methods*, 16(27), 4636-4643.
- Pacor, P., & Spier, H. L. (1968). Thermal analysis and calorimetry of some fatty acid sodium soaps. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45(5), 338-342.
- Phillips, J., Weldhagen, M., Mhlabeni, T., Radebe, L., Ramjee, S., Wesley-Smith, J., ... & Focke, W. W. (2021). Thermal characterisation of metal stearate lubricant mixtures for polymer compounding applications. *Thermochimica Acta*, 699, 178906.

Schlichting, M. L., Wong, J., Masen, M., De Pauw, S., Van Hoecke, H., & Kadiric, A. (2024). Experimental study of frictional behaviour of powdered soaps for wire drawing. *Tribology International*, 195, 109651.