

# Elemanalízisen és ferrográfiás vizsgálatokon alapuló gépállapot-figyelés

Vuk Tibor  
okl. vegyész  
MOL Rt.

*A berendezések, géprendszerek állapotfigyelésének bevált, az ipari gyakorlatban általánosan alkalmazott eszköze a kenőanyag minőségváltozásának nyomon követése. A kenőanyagban található szilárd részecskék vizsgálata kiemelten fontos feladat, mivel azok alapvető hatással vannak a berendezés állapotára. Az alábbiakban a részecskék jellemzésére, minőségimennyiségi meghatározására szolgáló vizsgálatok ismertetése mellett, azok alkalmazásán alapuló gyakorlati példákat mutatunk be. A gyakorlati példák vizsgálati hátterét a MOL Rt. géprendszerek kenőanyagainak használat közbeni vizsgálatára szakosodott Wearchek Laboratóriuma biztosította.*

## **Kenőanyag-vizsgálat – gépállapot-figyelés**

A berendezések kenőanyagának minősége az üzemeltetés során megváltozik. A minőség változása a kenőanyag öregedésének, elhasználódásának és a kenőanyagba kerülő különböző típusú szennyeződések megjelenésének a következménye. A változások fizikai-kémiai vizsgálati módszerekkel követhetők; a berendezés, valamint az üzemviteli körülmények ismeretében szoros kapcsolatba hozhatók a géprendszer műszaki állapotával.

A géprendszer állapotára a kenőanyagba külső szennyeződésként, illetve a kopási folyamatok eredményeként megjelenő szilárd részecskék döntő hatással vannak. A szilárd részecskék méretüktől és minőségüktől függően a kopási folyamatok (abrázios, eróziós-fáradásos kopás) felgyorsítása mellett katalitikus hatásukkal jelentősen felgyorsítják az olaj öregedését. A berendezések meghibásodásában a fém alkatrészek degradációja és ezen belül a különböző típusú kopási folyamatok döntő szerepet játszanak.

A berendezés állapotfelmérésének fontos feltétele a kopási folyamatok előrehaladottságának, típusának megismerése, amely a részecskevizsgálatokkal lehetséges.

## **Részecskevizsgálatok**

A részecskevizsgálatok céljai:

- A részecskék minőségi, mennyiségi azonosítása. A részecske minősége megmutatja, hogy a berendezés mely részéből, szerkezeti eleméből származik és/vagy milyen szennyeződésként került a be-

rendezésbe. A mennyiségi azonosítás a kopás és/vagy a szennyezettség előrehaladottságára utal, jelzi a szükséges karbantartási teendőket.

- A részecskék méretének, felületi jellemzőinek meghatározása, amelyből következtetni lehet a részecske leválását okozó kopási folyamatra.

A részecskevizsgálatok során alkalmazott módszerek:

- Részecskeméret-eloszlás meghatározása – olajtisztaság – (ISO 4406, NAS 1638).
- Elemanalízis (ICP, X-ray stb.).
- Mágneses vizsgálatok (in-house módszerek, kevésbé elterjedtek).
- Ferrográfia (analitikai, Direct Reading (DR) ferrográfia).

## **Részecskeméret-eloszlás vizsgálata**

A módszer a részecskék méret szerinti eloszlásának jó közelítésére alkalmas. A mérési eredmények alapján a kenőolaj „tisztasága” megállapítható, a szükséges beavatkozó eljárás (pl. szűrés, olajcsere) eldönthető.

## **Elemanalízis**

Az eljárás során a kenőnyaminta egy kis részletét atomizálják, gerjesztik, majd az így keletkező fénysugárzást – amelynek hullámhossza, illetve intenzitása jellemző a mintában található kémiai elemek minőségére és mennyiségére – detektálják és értékelik. A kenőanyagok üzemeltetés közbeni vizsgálata során alkalmazott leggyakoribb elemanalizáló eljárás az induktív csatolású plazmakészülékben való vizsgálat (ICP). A vizsgálat során a minta atomizálását és gerjesztését magas hőmérsékletű plazmalángban végzik.

A vizsgálat a kopásfémek és szennyező anyagok vizsgálata mellett alkalmas a kenőanyag adalékelemek kimutatására. A módszer érzékeny, már néhány ppm (1 ppm = 10<sup>-4</sup> %) mennyiségben is alkalmas az elemek kimutatására.

A MOL Rt. Wearchek Laboratóriumában a vizsgálat elvégzésére ICP elemanalizáló készüléket alkalmaz.

A berendezés a kenőanyag minta előkészítése után teljesen automatikusan végzi a vizsgálatot és a kiértékelést. A nagyfokú automatizáltság, illetve a szekvenciális detektálási rendszer a hagyományos rendszerű ICP készülékekhez képest nagy számú mintavizsgálatot tesz lehetővé (200 minta/24 h).

Az elemanalízis során kimutatott kémiai elemek (fémek és nem fémek) meghatározzák a géprendszer kopást szenvedett alkatrészeit (csapágy, gyűrű stb.), illetve jellemzik a szennyező anyagokat (por, bauxit stb.).

A táblázat néhány kémiai elem származási helyét mutatja.

Kémiai elem	Eredet	Kémiai elem	Eredet
Szilícium	Por, felületvédelem	Bór	Hűtőfolyadék, adalék
Nátrium	Hűtőfolyadék	Lítium	Kenőzsír
Kálium	Hűtőfolyadék	Alumínium	Henger, csapágy, hűtőcső, kiegészítő hajtások, por-szennyezés
Króm	Gyűrű, tömítés,		
Molibdén	Gyűrű, tömítés, adalék	Titán	Festék, szennyezőanyag
Réz	Csapágy, hűtőcső	Mangán	Acélötvözet
Ólom	Csapágy	Vanádium	Szelep, acélötvözet
Ón	Csapágy	Ezüst	Csapágy
Nikkel	Acélötvözet, kompresszor	Foszfor	Adalék, foszforbronz
Cink	Adalék	Kalcium	Adalék

A mennyiségi értékelés során a gépgyártói előírások, valamint a trendfigyelés adatai szolgálnak referenciaként.

Egy ipari hajtómű elemanalízisének eredményeiből fontos karbantartással kapcsolatos következtetések vonhatók le.

### Ferrográfia

A ferrográfias vizsgálat során a kenőanyagban található szilárd részecskéket üveg tárgylemezre leválasztják, majd mikroszkópiás úton értékelik (analitikai ferrográfia).

A módszer alapvetően a részecskék minőségi meghatározására szolgál, amiből következtetni lehet a megjelenésüket előidéző kopási folyamatokra. A ferrográfias vizsgálat során a részecskemennyiség összehasonlító jellegű meghatározására a DR ferrográfia alkalmazható.

A konvencionális ferrográfias megoldás során a részecskéket a kenőanyagból annak lassú áramoltatása mellett gravitációs úton választjuk le. A MOL Rt. Wearcheck Laboratóriuma által alkalmazott RPD módszerrel (Rotating Particle Depositor) a részecskéket mágneses és centrifugális erőterben választják le. A hagyományos módszerhez képest az RPD kis mennyiségű minta felhasználással rövid idő alatt nagy, értékelhető felületű tárgylemez eredményez. A módszer további előnye, hogy az olajminta nem igényel közvetlen oldószeres hígítást és előkészítés nélkül a tárgyle-

mezre vihető. A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy kenőzsír mintákból, a kenőzsír kémiai jellegét figyelembevevő oldószer alkalmazása mellett szintén készíthető ferrográfias tárgylemez.

Az RPD készülék a leválasztott részecskékből tárgylemezt készít, amelyet mikroszkópiás módszerrel értékelnek.

A ferrográfias kiértékelések során alkalmazott mikroszkóprendszernek a következő feltételeknek kell megfelelnie:

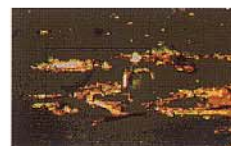
- Felbontás 200X–1000X.
- Színszűrők, polarizációs szűrők.
- Reflexiós és áteső fényes érzékelés.
- Adatrögzítés (fényképezőgép, kamera, PC-kapcsolat).

A ferrográfias kiértékelés során a kopásrészecske mérete, alakja, felülete, színe, eloszlása utal a részecske minőségére (származási helyére) és a kopási folyamat típusára.

Az 1–4. ábrák különböző kopástípusok során megjelenő részecskéket mutatnak be (normál kopás, bejáratási kopás, fáradásos kopás, csúszási súrlódásból származó kopás). A kopási folyamatok felismerésével a szükséges karbantartási lépések eldönthetők (porbejuttatás csökkentése, jobb minőségű kenőanyag alkalmazása stb.).



1. ábra. Normál kopásból származó részecskék



2. ábra. Bejáratási kopásból származó részecskék



3. ábra. Fáradásos kopásból származó részecske



4. ábra. Csúszási súrlódásból származó részecske

### Összefoglalás

A kenőanyagban található szilárd részecskék vizsgálata a berendezés állapotának megismerése szempontjából kiemelt jelentőségű. Az olyan hagyományos mérési módszerek mellett, mint az olajtisztaság meghatározása és az elemanalízis, a ferrográfia mint a kopási folyamatok pontos meghatározására alkalmas módszer a karbantartási diagnosztika egyik fontos eleme.