



Egy meghibásodott turbófeltöltő károsodáselemzése

Failure Analysis of a Damaged Turbocharger

Dobránszky János

Magyar Kutatási Hálózat, HUN-REN-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest, Magyarország,
Dobranszky.Janos@eik.bme.hu

Abstract

Failure analysis, carried out in order to explore the causes of the failure of equipment, is one of the most complex types of material testing work. It is not only necessary to know a wide range of material testing procedures, but also to have sufficient experience in performing a significant part of them and evaluating the test results. As an example of this, the article describes the investigation of the cause of failure of a car engine component that became damaged during normal service. The examinations include various methods of optical microscopy, scanning electron microscopy, EDS analysis and fractography. From the results of the failure analysis, it can be concluded that the root cause of the failure was, most probably, abnormal wear of some components, wear that can be traced back to small manufacturing inaccuracies.

Keywords: failure analysis, optical microscopy, scanning electron microscopy, wear.

Összefoglalás

A gépszerkezetek meghibásodása okainak kiderítése céljából végzett károsodáselemzés az anyagvizsgálati munka egyik legösszetettebb válfaja. Nemcsak ismerni kell hozzá az anyagvizsgálati eljárások széles körét, de ezek jelentős részének végzésében és a vizsgálati eredmények értékelésében kellő tapasztalatra is szükség van. Ennek a példájaként a cikk ismerteti egy üzemelés közben meghibásodott gépkocsimotor-alkatrész meghibásodási okának kivizsgálását. A vizsgálatok kiterjednek az optikai mikroszkópia, a pásztázó elektronmikroszkópia, az EDS-elemzés és a fraktográfia különféle módszere. A károsodáselemzés eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a meghibásodás gyökéroka egyes alkatrészek rendellenes kopása volt, ami apró gyártási pontatlanságokra vezethető vissza.

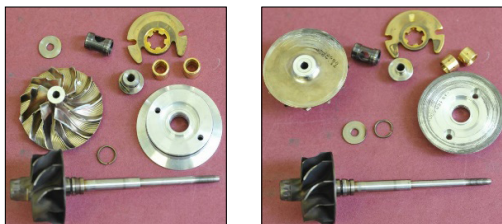
Kulcsszavak: károsodáselemzés, optikai mikroszkópia, pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat, kopás.

1. A károsodott berendezés

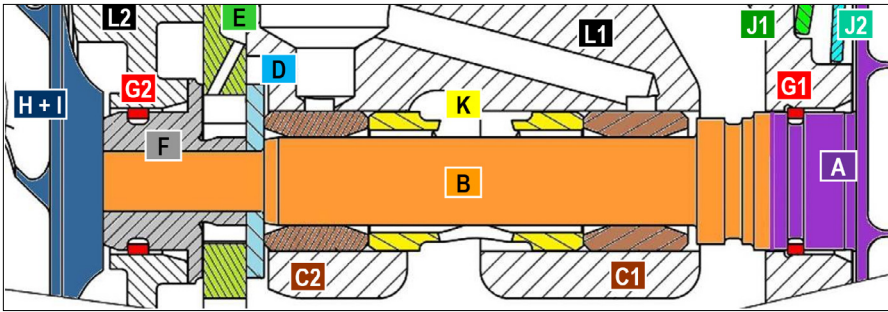
A károsodás miatt vizsgált turbófeltöltő belső alkatrészeit az **1. ábra** mutatja. A szerelvények összeállítási rajza a **2. ábrán** látható, az alkatrészek elnevezésével. A vizsgálat célja az volt, hogy meghatározzuk a károsodási formákat és a lehetséges kiváltó okokat. A károsodáselemzés általános szabályai [**1**, **2**, **3**] szerint az alkatrészeket optikai és pásztázó elektronmikroszkópokkal vizsgáltuk, egyes felületeken a kémiai összetételt is elemeztük EDS-elemzéssel.

A **2. ábra** alapján könnyű belátni, hogy egy rendkívül összetett, sok alkatrészből álló berendezésről van szó, amelynek az üzemi igénybevételéről tudni kell, hogy percenként akár több tíze-

zer fordulaton is működhet. A **3. ábrán** összeszerelve látható a teljes belső szerelvény; az ábrán meg vannak jelölve a vizuális vizsgálattal észlelt károsodási helyek és módok.



1. ábra. A meghibásodott turbófeltöltő belső szerelvényének alkatrészei; a turbina + tengely szerelvény teljes hosszúsága 120 mm



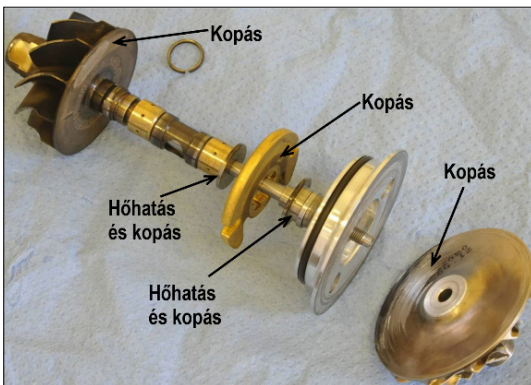
2. ábra. A turbófeltöltő tengelykörnyezeti szerelvényei: A = turbinakerék, B = tengely, C = csapágypersely, D = csapágyalátét, E = axiális csapágy, F = tömítőpersely, G = labirintgyűrű, H = hátlap, I = kompresszorkerék, J = hővédőlemez (tányérrugó), K = csapágypersely-távtartó, L = ház

A **3. ábrán** látható kopásokból arra lehet következtetni, hogy a turbina mozgó alkatrészeinek forgástengelye megbillent, és emiatt a mozgó alkatrészek hozzáérttek a rögzített vagy álló alkatrészekhez. A lehetséges kopásoknál meg kell említeni a ház ötvényének szemközti felületeivel való érintkezés lehetőségét. Ezt az alkatrészt a károsodáselemzés megrendelője nem adta át vizsgálatra, tehát nincsen róla adat. Mindazonáltal egyáltalán nem kizárt, hogy azok az alkatrészek, amelyek a **2. ábrán** jól láthatóan közel esnek a ház egyes felületeihez, éppen azokkal a felülettel kerültek súrlódási és kopási érintkezésbe.

2. A turbina és a tengely vizsgálata

A turbinakerék anyaga hőálló nikkelötvözet, összetétele: Ni-12,5Cr-6Al-4,5Mo-2Nb-Fe-Ti, a tengely anyaga pedig 1,5Cr-0,5Mo ötvöztetésű melegsziárd acél. A dörzshegesztéssel kialakított turbina + tengely szerelvény látható a **4. ábrán**. A turbina homloklapján és a tengelyen kialakult kopás nyomait mutatja az **5. és 6. ábra**.

A turbinakeréknek az **5. ábrán** látható sérülése a lapátartó alaplapon szembevetendő. A kopás csak a kör alakú alaplapon kerületének kb. egyharmadára terjed ki, de ott erős. Mivel a felület szinte teljesen tiszta, feltehető, hogy a kopásra vezető



3. ábra. A turbófeltöltő belső szerelvényei lazán összeszerelt állapotban



5. ábra. Kopási nyomok a turbinán



4. ábra. Az összehegesztett turbina + tengely



6. ábra. Kopási nyomok a tengelyen

üzemzavar után a turbófeltöltő nem vagy csak nagyon rövid ideig üzemelt. A kopási folyamat másik eleme feltehetően a hővédőlemez vagy/és a turbinaház szemközti felülete volt.

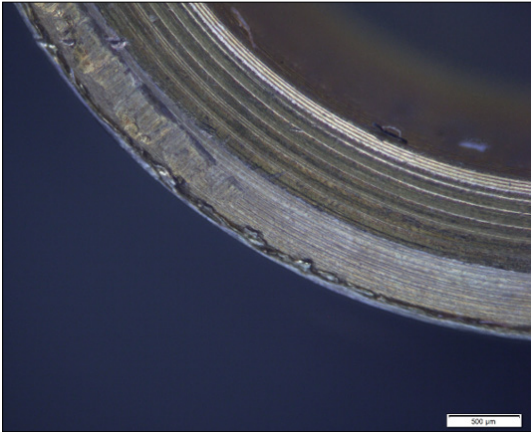
A tengely kopására a csapágyperselyek alatti felület kifényesedése utal. Mikrométer méréspon-tosságú mérőeszközzel átmérőcsökkenés nem mérhető, de a felületi kopás jól észlelhető.

3. A csapágyperselyek vizsgálata

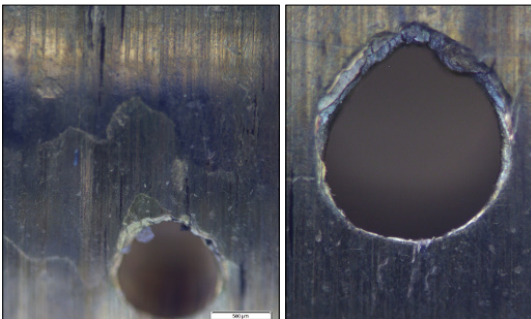
A csapágyperselyek hengeres gyűrűjének homlokfelületén sorjásodás látható (7. ábra).

A külső és belső felületen egyaránt szembeötlő a sárgaréz alapanyagon szürke színű foltok kialakulása (8. ábra). Az EDS-elemzés szerint a foltok anyagrakenődések, amelyek anyaga főleg Fe, Cr, Ni, helyenként Sn és Pb. A furatoknál az él erős felmelegedésére utaló alakváltozás látható, esetenként pedig részleges eltömődés.

Az egyik csapágy belső felületére a 9. ábrán látható anyagdarabka tapadt. Az EDS-elemzés alapján ausztenites acélként lehetett azonosítani: Fe-1,7Al-2,7Si-1,9Mo-16,9Cr-2,5Mn-9,4Ni.



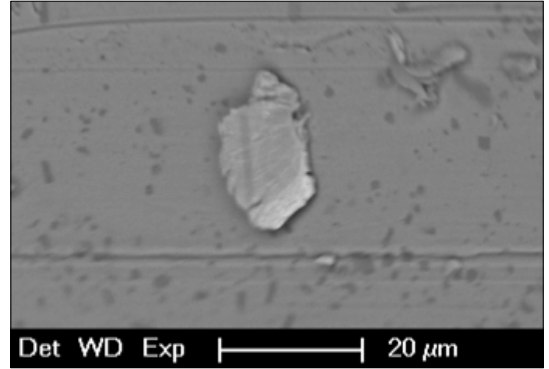
7. ábra. Sorjaképződési nyomok a csapágyon



8. ábra. Kopási nyomok a csapágy furatai peremén

4. Az axiális (tám-) csapágy vizsgálata

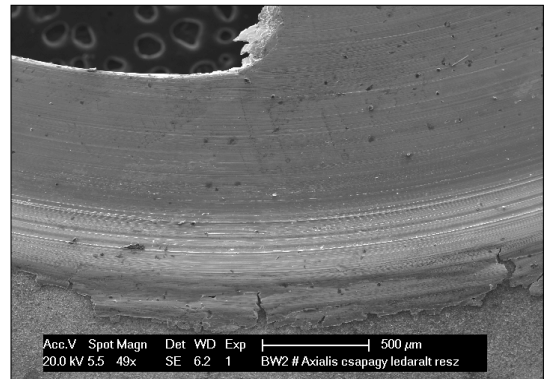
A támcsapágyon (10. ábra) keletkezett kopási nyomok láthatók a 11. ábrán. Durva kopási barázdák alakultak ki a felületen, a felső anyagréteget sorjaként kopréselve az érintkezési felületen kívülre.



9. ábra. A csapágy belső felületén letapadt forgács



10. ábra. A támcsapágyon kialakult kopási nyomok



11. ábra. A támcsapágyon kialakult kopási nyomok



12. ábra. Kopási nyomok a sűrítőkeréken

5. A sűrítőkerék vizsgálata

A 12. ábrán látható sűrítőkerék anyaga: Al-2Mg-2Ag-1Fe-2Ni-3Cu-0,1Zn-0,2Ti-0,35Si-0,1Mn; a bevonat anyaga: ~10% P-tartalmú nikkelötvözet. A kopási folyamatra a rideg bevonat megrepedése és lepattogzása a leginkább jellemző mechanizmus.

6. A károsodáselemzés értékelése

A turbófeltöltő károsodásának lényegéről kialakult értékelés fő megállapításai a következők:

Az alkatrészek felületére kerültek idegen anyagok; ezek szerves szennyeződések és más alkatrészek kopásának terméke. Érdemi kapcsolat az

idegen anyagok és valamelyik alkatrész kopása között nem mutatható ki.

A különféle alkatrészekből olyan mennyiségű anyag hiányzik a kopás következtében, hogy ez önmagában is az általános és erőteljes kopást teszi a károsodási folyamat lényegévé.

A különféle alkatrészekből hiányzó anyag mennyiségét nem tudtuk meghatározni, mivel nem ismerjük az alkatrészek pontos tömegét a beépítés előtti állapotban. A károsodási folyamatok elemzésében erre célszerű lenne figyelmet fordítani.

Általában kulcsfontosságú a turbinaoldali labirintgyűrű-horony és a labirintgyűrű károsodása (G1 és G2 a 2. ábrán), de ennél az esetnél a szóban forgó alkatrészekben nem volt jelentős a kopás.

A nagy átmérőjű alkatrészekben – turbinakerék, sűrítőkerék – a kopások a forgástengelytől távoli felületeiken mentek végbe, mégpedig nem körkörös.

Következésképpen, a kopást okozó elmozdulás az egész tengelyszerelvényre kiterjedt. Ennek kialakulásáért a megvizsgált alkatrészek felelősége nem volt megállapítható. Emiatt csak az a hipotézis tűnik helyesnek, hogy az öntvényháznak azok a felületei kezdtek intenzíven kopni, amelyek a tengelyszerelvény futásának egytengelyűségét hivatottak biztosítani. A ház kopására utalnak egyébként azok a morzsalékok, amelyeket a szűrőbetétek némelyikén azonosítottunk.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Zima A., Greuter E.: *Engine Failure Analysis - Internal Combustion Engine Failures and Their Causes*. SAE International, 2012.
- [2] Brooks C. R., Choudhury A.: *Failure Analysis of Engineering Materials*. McGraw-Hill, 2001.
- [3] Baratto G., Guérin J. J., Mongis J., Tournier C., Vieu A.: *Analyse morphologique des défaillances d'organes de machines*. CETIM, 2005.