

A KÁRELEMZÉS JELENTŐSÉGE A KARBANTARTÁS TERVEZÉSÉBEN

Gyarmati István

**Kulcsszavak:** Karbantartás, vegyipari üzem, hőcserélők, csővezetékek, nyomástartó edények, tárolótartályok

**Keywords:** Maintenance, chemical industry, heat exchanger, pipes, pressure vessels, storage tanks

Egy vegyipari üzemben, ahol több 10 t/h -ás anyagforgalom van, egyetlen perc üzemzavar okozta termelés kiesés is komoly veszteséget okoz. A nagy értékű egyedi gépek, nyomástartó rendszerek üzemzavara, esetleges meghibásodása üzemi gazdálkodást tekintve, sokszor katasztrofális következményekkel járnak.

Ebből következik, hogy az üzemzavar elhárítása, a termelés indítása, az első számú feladat

Ilyenkor a javítás csupán a régi paraméterek mielőbbi visszaállítására korlátozódik. Ez természetesen magában hordozza az újbóli meghibásodási lehetőséget, de a gazdasági megfontolás többnyire elsőbbséget élvez. Tudni kell azonban azt is, hogy ha a nagyobb kapacitású üzemek közül csupán egyetlen egy is kiesik, akkor másodpercenként 2,5 EUR-t is elérheti veszteségünk!

Ezt követően azonban – ha van rá lehetőségünk – célszerű a meghibásodás elemzését elvégezni.

Olyan kérdésekre kell választ adni, hogy a meghibásodás üzembeállítás előtti vagy utáni okok miatt történt, véletlenszerűen vagy törvényszerűen következett-e be.

Ha üzembeállítás előtti okokra vezethető vissza, akkor tervezési, anyagválasztási vagy kivitelezési (szerelési, gyártási) hiba okozta-e a meghibásodást.

Ha üzembeállítás utáni okokra vezethető vissza, akkor helytelen paraméterekkel való üzemeltetés, helytelenül kivitelezett felülvizsgálat okozta-e a meghibásodást.

Vállalatunknál a meghibásodások nyilvántartása 1980-tól működik megbízhatóan. A különböző nyomástartó elemek meghibásodási rátája az alábbi táblázatban látható:

1. táblázat

hőcserélők	30%
csővezetékek	20%
nyomástartó edények	15%
tárolótartályok, kolonnák	14%
egyéb berendezések	21%

Ebből látható, hogy a káresemények 50 %-t a hőcserélők és a csővezetékek meghibásodása okozza.

A kivizsgált káresemények okait a 2. sz. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

gyártási, szerelési hiba	30%
üzemeltetés hiba	28%
tervezési hiba	12%
karbantartási hiba	12%
anyaghiba	4%
egyéb	14%

Meglepően magas a gyártási, szerelési okokra visszavezethető meghibásodás, ugyanakkor az anyaghibából adódó káreset meglepően alacsony.

A káresemények okait tovább elemezve megállapítható, hogy az esetek több mint 50%-ban a korrózió és a fáradásos repedés jellegű hiba volt a kiváltó ok.

A hiba elhelyezkedését tekintve a hegesztési varratok és környezetük a legveszélyesebb területek. A káresemények közel 60 %-a a varratok környezetében történt meghibásodás következménye.

Ez idáig a statikus berendezések káreseményeinek elemzésével foglalkoztunk.

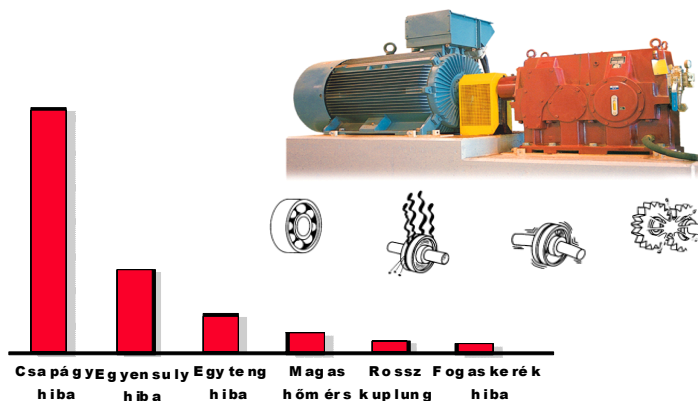
Ne feledkezzünk meg azonban a forgógépekről sem. Az üzemvitel szempontjából legalább annyira fontosak, mint bármelyik csővezeték, reaktor, vagy tartály.

Vállalatunknál elemezzük és gyűjtjük a forgógép káreseményeket is.

A gyakorlatban működő gépek alkatrészeit attól függően, hogy a gép működésében milyen funkciót töltenek be, más és más károsító hatások érik. A gépelemek tönkremenetele tehát függ az

őket élettartamuk során érő igénybevételek fajtájától, nagyságától. A következő ábrán bemutatjuk a leggyakrabban előforduló hibákat:

Tipikus gép problémák.

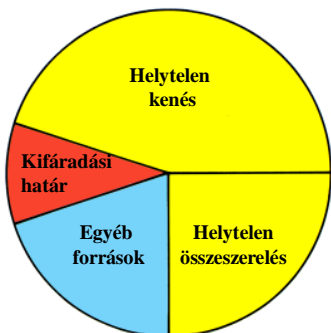


1. ábra

A forgógépek legfontosabb alkatrésze a csapágy. A csapágy élettartamát viszonylag jó közelítéssel ki lehet számítani, azonban néha előfordul, hogy ennél korábban meghibásodik.

Ennek több oka is lehet, pl. nem megfelelő kenés, gondatlan szerelés, stb.

A leggyakrabban előforduló hibákat az alábbi ábrán láthatjuk:



2. ábra

A forgógépek műszaki állapotát, a kialakuló hiba mértékét, a meghibásodott gépelem behatárolását korszerű diagnosztikai eszközökkel, módszerekkel meg tudjuk határozni.

Egy-egy diagnosztikai paraméter megváltozását természetesen több üzemi jellemző kedvezőtlen alakulása is okozhatja. A megváltozott jellemzők egymásra is hatással vannak, erősíthetik, vagy gyengíthetik egymást. A gépet el kell helyezni az üzemi környezetébe és a technológiai folyamattal együtt kell kezelni. A hiba meghatározásban a diagnosztikának együtt kell működnie a vegyipari folyamatot irányító technológiával.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy nem kellő mélységű üzemeltetési vizsgálatok esetén csak a "sötétben tapogatás" című fejezetig lehet eljutni.

Egy korszerű vegyipari üzemben a technológiai folyamatokat számítógép vezérli, és a működési paramétereket percenként, másodpercenként rögzíti, amelyek visszakereshetők, elemezhetők. Így tehát nincs különösebb akadálya a meghibásodás kivizsgálásának.

A meghibásodások elemzése természetesen pénzbe kerül! Addig, amíg egy vállalkozás csak a saját erőforrásait veszi igénybe, a kivizsgálás költsége még elfogadható. Ha azonban külső szakértő bevonása is szükséges, akkor ez a költség több millió forint is lehet.

Ebben az esetben a műszaki vezetésnek komolyan indokolni kell a megbízás szükségességét.

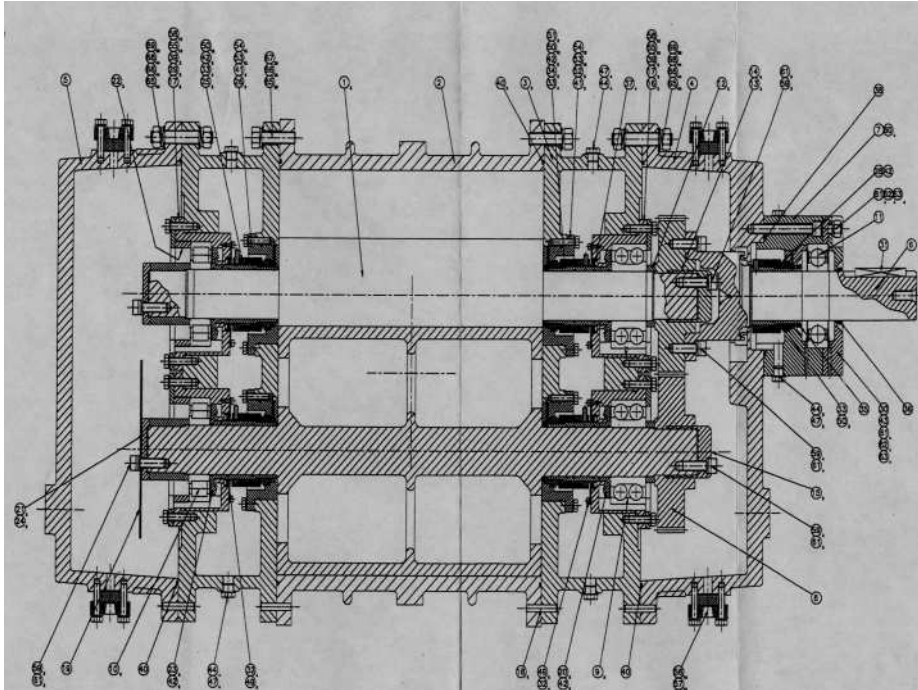
Hatásos, ha az indoklásban a kivizsgálásnak a műszaki biztonságra, a folyamatos üzemvitelre gyakorolt hatása ki van emelve.

A kárelemzések jelentősége vállaltunknál az elmúlt két évtizedben fokozatosan növekedett.

A következőkben egy káreset ismertetésével mutatnám be a kivizsgálás szükségességét.

### Hidrogén fúvó meghibásodása

Egyik üzemünkben hidrogénezéssel modifikáljuk közbelső termékünket. A hidrogént gáz formájában, ún. piskótás fúvó segítségével jutatjuk be a reaktorba. A fúvó metszeti ábráját az alábbi képen láthatjuk.



3. ábra

A fúvó fordulatszáma 960 1/perc; teljesítménye 200 kW.

A forgógépet 2001-ben helyezték üzembe és hetente egy alkalommal, rezgésvizsgálattal ellenőrizzük. A mért értékeket a következő ábrán láthatjuk:

Megállapíthatjuk, hogy a fúvó kondíciója megfelelő.

Az elmúlt évben az üzem kapacitását közel 30 %-kal megnövelték, ennek következményeként a fúvó üzemvitelében is változások történtek. A gép fordulatszámát 1485 1/perc értékre növelték, és

frekvenciaváltóval szabályozhatóvá tették. Ezzel a megoldással a hidrogén mennyisége a szabályzó szelep és a fordulatszám változtatással tág határok között szabályozható lett.

Alig egy hónapos üzemelés után a fúvó rezgése folyamatosan romlott. Az átalakítást megelőzően a vertikális irányú effektív rezgésértékek 1,7 – 4,5 mm/s között változtak a terhelés függvényében. A kapacitás növelése után ugyanez az érték 8,0 – 10,7 mm/s értékig emelkedett. A magas rezgés természetesen tönkre tette a csapágyakat.

3. táblázat

MP_NUMBER	MP_NAME	DATE	TIME	Vib_H	Vib_V	Vib_A
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2004.03.09	11:26:00	2,73	4,44	2,38
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2004.02.03	9:57:00	3,56	1,95	1,84
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2004.01.10	9:34:00	3,8	4,4	1,8
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.12.16	10:56:00	4	4,4	2,1
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.11.17	10:40:00	3,4	4,4	3,6
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.10.07	9:29:00	3,05	3,55	1,15
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.09.17	10:55:00	2,96	1,68	1,14
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.08.19	10:33:00	3,57	4,44	1,85
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.07.14	10:04:00	3,43	3,62	1,18
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.06.02	9:58:00	3,4	4	1,5
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.04.25	10:34:00	3,5	4,4	2,7
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.03.31	10:51:00	3,27	4,2	1,44
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.03.11	10:46:00	3,44	2,09	1,3
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.02.03	10:45:00	4,28	1,9	1,55
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2003.01.03	9:26:00	3,35	3,49	1,79
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.11.25	10:04:00	3,29	2,1	1,36
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.10.30	10:50:00	3,08	2,87	1,29
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.09.30	10:03:00	3,18	2,15	1,27
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.09.02	11:28:00	3,68	4,41	1,3
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.05.31	10:56:00	1,97	1,46	1,13
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.05.13	9:53:00	2,55	2,95	1,06
TDI0A-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2002.04.09	10:37:00	2,2	1,79	1,31

4. táblázat

	MP_NAME	DATE	TIME	RPM	Vib_H	Vib_V	Vib_A
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.04	11:36:54	1275	4,22	3,27	5,31
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.04	11:10:33	1300	3,75	3,02	4,71
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.04	10:45:25	1325	3,59	3,86	4,61
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.04	10:11:04	1350	4,37	5,11	4,73
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.02	18:21:58	1324	0	10,67	0
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.02	18:19:30	1324	3,68	10,8	4,14
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.02	7:07:03	1324	0	10,34	0
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.02	7:05:32	1324	3,47	7,32	3,57
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.01	17:51:01	1324	3,61	9,97	4,91
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.04.01	7:57:21	1324	3,59	9,26	4,23
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.31	18:49:07	1324	3,49	9,73	3,86
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.31	18:48:23	1324	2,88	0	0
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.31	7:50:46	1324	3,51	10,2	3,78
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.30	18:04:44	1324	3,57	9,78	3,53
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.30	6:36:33	1324	3,81	9,64	4,91
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.29	17:46:20	1316	3,39	8,68	4,22
TDIIN-K-3411.06	Fúvó kuplung fal feloli cs.	2007.03.29	6:45:12	1316	3,48	8,08	4,09

A csapágyak cseréjét követően egy-két hónap alatt hasonló folyamat eredményeként újra csapágy csere következik.

Ezt követően az üzemmel közösen megkezdük a káresemény elemzését. Az alábbi kérdésekre kellett választ adni:

1. A kapacitás bővítése előtt a forgógép rezgésdiagnosztikai elemzése
2. Az átalakítást követően a fúvó üzemeltani jellemzőinek változása
3. A konstrukciós változtatások hatáselemzése
4. A kapacitás bővítése után a forgógép rezgésdiagnosztikai elemzése
5. Következtetések, javaslatok

A kivizsgálás során az alábbi megállapításokat tettük:

- A beruházást követően a stabil üzemvitel során a gép rezgése kielégítő, az effektív rezgés értékek az üzem terhelés változásait követik. A fúvó kondíciója az ún. „0” állapotot is figyelembe véve megfelelő!
- A fúvó szállítóteljesítménye jelentősen nőtt. A nyomóvezetékben áramló közeg áramlási sebessége közelíti a kritikus értéket. A szívónyomás változása nem számottevő, a nyomóági nyomás a szállított mennyiséggel arányosan megnőtt. A gépkönyv előírásaival összevetve a differenciál nyomás (nyomóági nyomás – szívóági nyomás) egy bizonyos terhelési fokozat elérése után meghaladja a megengedett értéket.
- A fúvó konstrukciójában, a beépítési paraméterekben, a csatlakozó csővezetékek méreteiben, nyomvonalában változás nem történt.
- A forgógép a csapágy cseréjét követően 10 - 14 napig kielégítő rezgésképet mutat. Ezt követően a vertikális irányú effektív rezgés értékek jelentős mértékben megemelkednek, és a csapágy tönkremenetelig monoton nőnek. A rezgésanalízis monoton növekvő lazaságot, valamint az áramló közegből eredő, a működési frekvencián jelentkező érték növekedését mutatja. Ez szerkezeti hibát vagy fokozódó turbulenciát jelez, amely radiális és axiális irányban is jelentkezik.

- A fúvón rezonancia vizsgálatot végeztünk. Megállapítottuk, hogy, az első rezonancia frekvencia az üzemeltani tartományon belül van. A frekvenciaváltó beszabályozása során, ezt a kritikus tartományt nem zárták ki.

#### Következtetések, javaslatok:

- A gyártó szakvéleménye alapján a fúvó kapacitás növelése a fordulatszám változtatással megoldható, arra garanciát vállal.
- A nyomóvezeték keresztmetszete nem változott, a megnövekedett áramlási sebesség miatt a terheléstől függően nem kívánatos turbulens áramlás alakult ki. A nyomóvezeték átáramlási keresztmetszetét meg kell növelni.
- A nyomóág és a szívóág nyomáskülönbségéből számított differenciál nyomás időnként meghaladta a kritikus értéket, ami fúvóban visszaáramlást okozott. Az ebből adódó járulékos rezgések jelentős mértékben megterhelte a csapágyakat.
- Az átalakítás során nem végeztek rezonancia vizsgálatot. Az utólag elvégzett vizsgálati eredmények figyelembevételével a frekvencia szabályzót be kell szabályozni.

A kárelemzést követően az üzem haladéktalanul elkezdte a javaslatok megvalósítását. A forgógép vizsgálati ciklusát - az üzembe helyezést követően - heti rendszerességgel határoztuk meg.

A rezgésvizsgálatok során a fúvó üzemeltésben kedvezőtlen jelenségeket nem tapasztaltunk.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a fúvó meghibásodását **tervezési hiba** okozta.