

Tárcsafék gyártás – folyamatjavítás a nem megfelelőségek elkerülésére

Németh Emil¹, Drégelyi-Kiss Ágota²

¹ Caroflex Fékbetétgyár Kft., 4600 Kisvárd, Árpád u. 123., emil.nemeth@gmail.com

² Óbudai Egyetem BGK, 1081 Budapest, Népszínház u. 8.,
dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglaló: A teherautó tárcsafék gyártása folyamán a gyártásközi ellenőrzések alkalmával a megengedettnél nagyobb számú nem megfelelőségek, hibák jelennek meg a folyamatban. A gyártás és termelés hatékony működése érdekében célunk ezen nem megfelelőségek feltérképezése, valamint a folyamat paramétereinek megfelelő beállításával a nem megfelelőségek lehetőség szerinti megszüntetése. Cikkünkben a tárcsafék betétgyártás kritikus paramétere meghatározásával a folyamat javítására tettünk lépéseket a kísérlettervezés (DOE) módszerei felhasználásával.

Kulcsszavak: tárcsafék, gyártás, folyamatjavítás, kísérlettervezés

1. Bevezetés és célkitűzés

A Caroflex Kft. által gyártott termékek közül - magas fokú automatizáltsága miatt - a tárcsafék betétgyártás képviseli a legmodernebb technológiát. A gyártás átvétele után a kitűzött selejtcélokat nem sikerült elérni, ezért szükségessé vált a kritikus gyártási folyamat-paraméterek meghatározása, valamint elvárt értékei teljesülésének az igazolása [1].

A folyamatjavítás során azonosítani kellett a gyártásközi ellenőrzéseknél rendszeresen előforduló nem megfelelőségek okát, valamint lehetőleg egyszerű, de hatásos intézkedésekkel elhárítani azokat. Erre az általunk legmegfelelőbbnek ítélt módszer a kísérlettervezés. A kísérlettervezés általános célja az, hogy a jól kiválasztott kísérlettervek maximalizálják az adott mennyiségű kísérlettel elérhető információt. A termelési paramétereket nyilván nem kereshetjük az összes lehetséges beállítás kipróbálásával, hanem bizonyos, lehetőleg kisszámú kísérleti beállítás mellett vizsgáljuk az elért minőséget és ezek alapján következtetünk a helyes gyártási beállításra. Ezeket az elvégzendő kísérleteket kell megtervezni, hogy minimális költséggel és idővel a lehető legtöbb információhoz jussunk. [2]

A gyártás folyamatát és ezen keresztül a termelés eredményét meghatározó tényezők a faktorok. A termelésre ható tényezők, vagyis a faktorok általában nagyon sokrétűek és előre nem vagy csak részben ismertek. A faktorok lehetnek mennyiségi, mint például a nyomás és a hőmérséklet, valamint minőségi, amelyeket nem lehet konkrét mérőszámmal jellemezni. Ilyen minőségi faktor lehet egy prérsszerszámon belül több egyforma formatér. A kísérleti célok fontossági sorrendjével összhangban kell, hogy álljon a megvizsgálni kívánt faktorok köre. A kísérletek hivatottak eldönteni, hogy mely faktorok hatnak ténylegesen, és milyen mértékben. [4]

2. Tárcsafék gyártásának lépései

A teherautó tárcsafék betétek (1. ábra) gyártása szigorúan előírt présterhelés, hőmérséklet és ciklusidő paraméterek pontos technológiai felügyelete mellett zajlik. A technológiai paramétereket a betétek kompresszibilitási adatainak statisztikai folyamatelemzésével tartjuk optimális értéken.



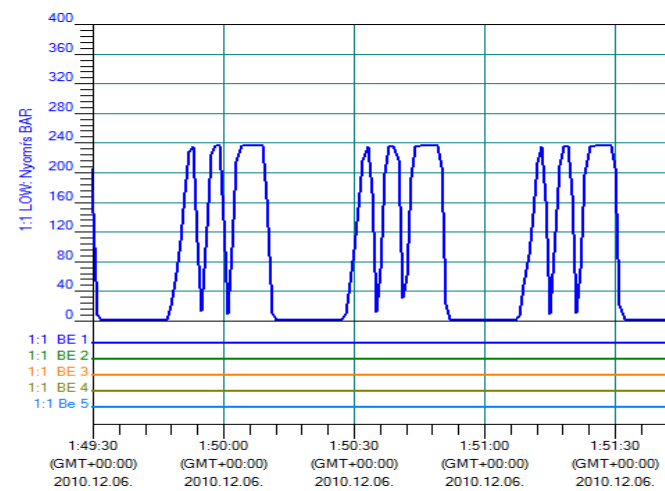
1. ábra
Teherautó tárcsafék betét

A préselés után a fékfelületet előcsiszoljuk, majd előírt paraméterek szerint hőkezelésnek vetjük alá a termékeket. Ekkor alakulnak ki a fékbetétek végleges kémiai, mechanikai, súrlódástechnikai tulajdonságai. Ezután a végmégmunkálás egy automatizált gyártósoron történik. A megmunkáló soron a betétek fékfelületét hornyoljuk, síkba csiszoljuk, a hordozó alaplemezt por festjük, a fékfelületet kezdeti súrlódási tényező növelését biztosító bevonattal látjuk el, kopásjelző furatot készítünk, majd a típustól függő feliratozással fejeződik be a megmunkálás. Végül a terméket előírás szerint csomagoljuk, pótalkatrészek esetén szerelési anyagokkal látjuk el.

A gyártási folyamat legkritikusabb része a fékbetét préselése. A fékbetét olyan keverék, amely áll kötőanyagból, vázanyagból, és töltőanyagokból. A kötőanyag általában módosított, vagy módosítatlan fenol-formaldehid gyanta, amelynek a

térhálósodása (poli-kondenzációja) a préseleskor és a hőkezeléskor megy végbe. A vázanyagok olyan szálal anyagok, amelyek a fékbetét mechanikai tulajdonságaira vannak hatással. Az alkalmazott töltőanyagok szabályozzák a fékbetét hő stabilitását, valamint kopásállóságát. Ez azt eredményezi, hogy terhelő erő hatására a fékbetét jól mérhető rugalmas alakváltozást szenved, amelyet kompresszibilitásnak nevezünk. Az összenyomhatóságnak a mértéke a préselési paramétereiktől függ, amely paraméterek beállításával tudjuk szabályozni a présciklus alatt a fékbetéttel közölt energia mennyiségét.

A nyomás diagramon (2. ábra) látható az idő függvényében a présgép főhenger nyomása. Leolvasható, hogy a fékbetét összesen 24 másodpercet tölt a meleg présszerszámban. Ez az idő csak arra elég, hogy a kémiai reakció beinduljon, de arra nem, hogy teljesen lejátszódjon. Tehát a fékbetét szegmensek a présszerszámban csak összeragadnak és nem folynak össze. Ez azt eredményezi, hogy terhelő erő hatására a fékbetét jól mérhető rugalmas alakváltozást szenved, amelyet kompresszibilitásnak nevezünk. Ennek az összenyomhatóságnak a mértéke a préselési paramétereiktől függ, amelyek beállításával tudjuk szabályozni a présciklus alatt a fékbetéttel közölt energia mennyiségét.



2. ábra

Présgép főhenger nyomás az idő függvényében

A gyártási folyamat végén a terméket előírás szerint csomagoljuk, pótalkatrészek esetén szerelési anyagokkal látjuk el.

3. Kísérleti terv meghatározása

Egy kísérletben szándékosan változtatunk egy vagy több változót, faktort, hogy hatását megfigyeljük a minőséget jellemző egy vagy több válasz változón. A (statisztikai) kísérlettervezés (Design of Experiment, DOE) egy hatékony eljárás a kísérletek megtervezésére és elemzésére úgy, hogy a kapott adatok valós és objektív konklúziók levonását tegyék lehetővé. A kísérletterv (Experimental Design) a részletes, a beállításokat, sorrendet tartalmazó kísérleti terv, amelynek még a kísérletek elvégzése előtt rendelkezésre kell állnia.

A faktorok meghatározásában hasznos az úgynevezett ok-hatás diagram, vagy halszájkadiagram, amelyet első alkalmazója (Kaoru Ishikawa) után Ishikawa diagramnak (3. ábra) is hívnak. A diagram elkészítésével szisztematikusan feltérképeztünk a rossz kompresszibilitás értékek előfordulásának lehetséges okait a gép, környezet, mérőeszköz és az emberi tevékenység oldaláról közelítve, csoportosítva. Ezen ok-okozati vizsgálat elvégzése után a kompresszibilitási értékek változékonyságát a préselési paraméterek függvényében vizsgáltuk.



3. ábra

A rossz kompresszibilitás Ishikawa diagramja

A préselési folyamat fő bemeneti paraméterei a préselési paraméterek, kimeneti paramétere a kompresszibilitási érték μm -ben. A tervezett kísérletek során célunk a bemeneti és a kimeneti változók közötti hatások meghatározása [3].

A préselési paraméterek:

- Hőmérséklet (z_1): A prészszerző hőfokának az energia közlésében közvetlen a hatása, önmagában képes beindítani a vegyi reakciót.
- Nyomás (z_2): A fékbetétre gyakorolt felületi nyomás szintén energiát közöl a rendszerrel, de önmagában nem indítja be a vegyi reakciót.
- Formatér mélysége (z_3): Mivel a fékbetét keverékkel a formatér fel van töltve, ezért a préselt anyag mennyiségére van hatása.
- Szellőzés (z_4): A préselési ciklusba épített szellőzések számának az összes időre van hatása.

A préselési paraméterek az 1. táblázatban található intervallumok szélső értékeiben vették fel értékeiket, például a hőmérsékletet két szinten vizsgáltuk, 60°C -on és 90°C -on.

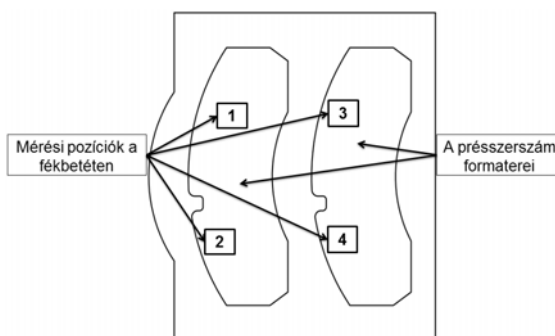
1. táblázat

A faktorok beállított értékei természetes egységekben

Főhatás kódja	-1	Középtérték (0)	+1
z_1	60°C	75°C	90°C
z_2	350 bar	450 bar	550 bar
z_3	52 mm	58 mm	64 mm
z_4	0 db	2 db	4 db

Minden faktort két szinten vizsgáltunk, amely 16 kísérletet jelent. Egy kísérletből két darab fékbetét keletkezik, mivel a szerző két fészkes. A két darab fékbetéten négy darab kimeneti értéket lehet mérni, mivel a kompresszibilitást az 4. ábra szerinti pozíciókban kell megmérni.

A bemeneti és kimeneti változók közötti kapcsolat megfelelőségének igazolása miatt a centrumponban is végeztünk kísérleteket. A kísérlettervet az ismételhetőség és statisztikai próbák alkalmazása miatt megismételtük, vagyis összesen $(4 \cdot 16 + 4) \cdot 2 = 136$ mérést hajtottunk végre.



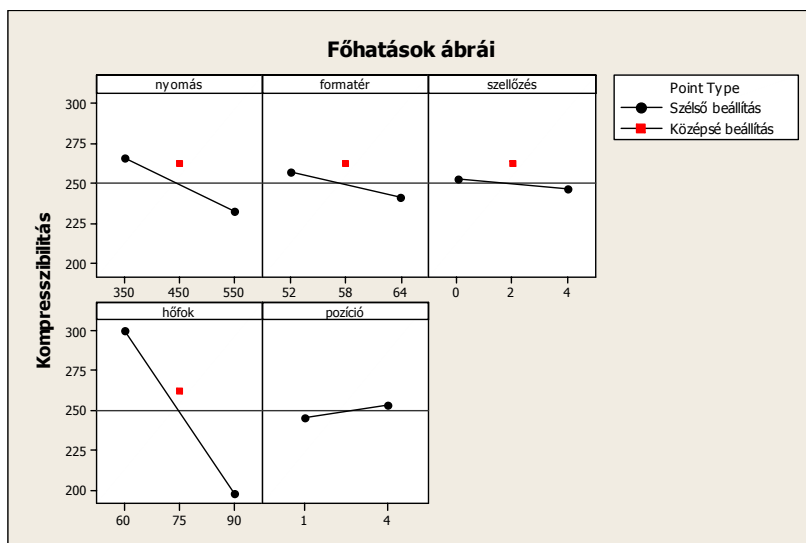
4. ábra

Kimeneti értékek mérése a fékbetéteken

4. Eredmények és értékelésük

A tervezett kísérletek elvégzésével az egyes paraméterek hatását a kompresszibilitás értékekre láthatjuk az 5. ábrán. A pozíciónak láthatóan nincs jelentősége, amely azt is jelenti, hogy a prészsorszám nem hibás, tehát egyenletes a hőfoka, valamint a nyomásfelvétele. Látszik az ábráról, hogy a hőfok gyakorolja a kompresszibilitás értékére a legnagyobb hatást. Következő faktor fontosságban a nyomásérték, majd a formatér mélysége, mely a préselt fékanyag mennyiségét szabályozza. A szellőzési számnak, ami a préselési ciklus idejére hat, nem volt jelentős hatása a kimenetre.

A préselési nyomás és a formatér mélysége jól mérhető és felügyelhető faktorok. A szerszám hőfoka csak bizonyos konstrukciónál mérhető pontosan. A Caroflex Kft. által használt szerszámnál mérési körönként egy hő érzékelő és tíz darab fűtőbetét van. Ennél a kialakításnál kialakulhat az a helyzet, hogy tönkrement egy, kettő esetleg három fűtőelem, a kezelő felületen mégsem lehet látni belőle semmit. Ez azt eredményezi, hogy a szerszám felületén nagy lesz a hőfok különbség. Ilyen hibás szerszámnál lett volna a pozíciónak - mint faktornak - nagy hatása. Az a pozíció lett volna a „felső beállítás”, amelynél magasabb lett volna a hőfok.



5. ábra

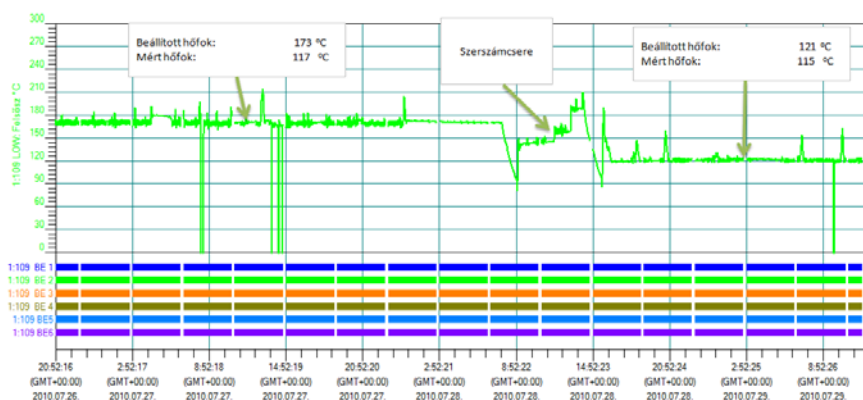
A főhatások ábrái

A hőfok egyenletes eloszlásán kívül létezik még másik probléma is. Teljesen ideális esetben a fékanyag a préselési folyamat közben felmelegszik az előírt hőmérsékletre, amelyhez az szükséges, hogy a prészsorszám belsejében meglegyen az előírt hőfok. Különböző ellenőrzésekkor azt tapasztalható, hogy a

szerszám belsejében nincs meg az előírt hőfok. Az esetek egy részében a hőfok egyetlenül oszlott el a szerszámban, más esetekben a hőfokeloszlás egyenletes volt, de nem érte el az előírt minimumot. Kísérletet végeztünk két szerszámmal ugyanazon présgépen, a hőfok értéket úgy állítottuk be, hogy a szerszám belsejében meglegyen az elvárt 120°C ($\pm 10^{\circ}\text{C}$). A prészserszám hőfokszabályozó körébe épített regisztráló műszer rögzítette a hőfokérzékelő által mért hőfokot.

A 6. ábra két prészserszám hőfok szabályozási görbéjét mutatja az idő függvényében. A két szerszámnál hozzávetőleg 50°C -al különböző értéket kellett a szabályozó körben beállítani annak érdekében, hogy belsejükben az elvártnak megfelelő legyen a hőmérséklet.

Megvizsgálva a főhatások ábráit (5. ábra) látni lehet, hogy ekkora hőfokeltérés akár 100 kompresszibilitás egység változást is eredményezhet. Ebben az esetben azonban nem lehet ilyen közvetlen kapcsolatot feltételezni. A szabályzó körben meglévő 50°C különbség ismeretlen nagyságú hőfokeltérést okoz a szerszám felületén. Ami biztos, hogy az eltérés kisebb lesz 50°C -nál. Az előírások szerint termékek kompresszibilitása 30 egység széles tartományban változhat. Az elvégzett kísérlet rávilágított arra, hogy a hőfok hibák okozhatnak ilyen, eddig megmagyarázhatatlan eltéréseket. A hőfok főhatás ábrájából az is látszik, hogy 30°C -os hőfokváltozás (a prészserszám belsejében mérve) 100 egység kompresszibilitás változást eredményezhet. Ez nagyon érdekes adat, mert ha ennek a mértéke több kísérletnél is igazolható, akkor a 20°C -os technológiában megengedett hőfokeltérés nincs összhangban a kompresszibilitás 30 egységben megengedett változásával.



6. ábra

Hőfok beállítási különbségek prészserszámoknál

A következő tennivaló az volt, hogy be kell vezetni a hőfokellenőrzést. A legjobb megoldás az lett volna, ha a fentebb leírt hőfok hibákra állandó felügyeletet sikerül kiépíteni. Nevezetesen a fűtőelemek meghibásodása okozta eltéréseket

hibaáram felügyelettel kiküszöbölni. Ez azt jelenti, hogy fűtési ciklusban meg lehet határozni egy elvárt áramfelvételt a fűtőelemek részére. Amennyiben ez nem teljesül, illetve egy előre meghatározott szint alá csökken, úgy hibajelzést lehet generálni, melyet a vezérlő PLC egy szabad digitális bemenetére lehet kötni. Problémásabb lenne a felső fűtőlappnál tapasztalható hőfokhiba kiküszöbölése. A szerszámonkénti hőfokeltérést az okozza, hogy a prészsorszám felső része a présciklusok alatt folyamatosan változtatja az alakját, tehát egyre nagyobb az alakhibája. Ez azt eredményezi, hogy a fűtőlappal való érintkezése egyre rosszabb. Így a fűtőlapp szabályzó körét egyre magasabb értékre kell állítani ahhoz, hogy a prészsorszám felső részében a hőfok a technológiában előírt értéken legyen. Ezeket a megoldásokat jelenleg nem lehet bevezetni.

Maradt lehetőségként a prészsorszámok hőfokának az ellenőrzése hőmérővel beállításkor, majd rendszeres időközönként. Ezek az intézkedések bevezetésre kerültek, be lettek építve az ellenőrzési tervbe. A hatás azonnal érzékelhető volt. A rendszeres időközönként előforduló nem megfelelő kompresszibilitás miatti zárolások elmaradtak.

Összegzés

A folyamatjavítás során a legfontosabb faktorokat sikerült azonosítani és a prészsorszámokban lévő hőfokeltéréseket sikerült olyan mértékben csökkenteni, hogy kompresszibilitási hibával attól kezdve nem kellett zárolni tételeket.

A vizsgálati tervbe be lett építve olyan hőfok beállítási eljárás, melynek segítségével el lehet kerülni a jelentős hőfokeltéréseket a teherautó tárcsafék gyártása során. Az intézkedések bevezetése előtt a prészsorszámok hőfok hibáit nem lehetett észlelni sem gyártás indításakor, sem a folyamatos gyártás alatt. A megengedett tartományon kívüli hőfokértékek azt eredményezték, hogy a gyártott termékek kimeneti értéke a megengedett tartományon kívül esett. Ennek következménye az lett, hogy rendszeres időközönként a termékek jelentős része zárolva lett, át lett válogatva, majd átlagosan harmad részük selejtezve lett. A vizsgálati terv módosítása után a megengedett tartományon kívüli hőfokértékek észlelhetőek, és a gyártás nem indul meg addig, amíg a hibát a karbantartó személyzet el nem hárítja. Ezáltal a mintavételek alkalmával nincsenek hibás minták, nem kellett 100%-ban válogatni a zárolt tételeket.

Célszerű lenne felülvizsgálni a gyártás során alkalmazott ellenőrzési terv mintavételi gyakorlatát is. Az nagy eredmény, hogy a kivett minták megfelelőek, de ez nem azt jelenti, hogy a folyamatban nem keletkezik hibás termék, legfeljebb azt jelenti, hogy nem észleljük. Jelenleg a megrendelő nem írja elő, hogy a gyártásból kivett minták megmérésén kívül más tevékenységet végzünk. A cél az, hogy a megrendelő elvárásai, amik szerződésben vannak rögzítve, teljesüljenek. Javaslatunk, hogy a vizsgálati tervünket fejlesszük, és a folyamatból kivett minták mérési eredményeit statisztikai módszerekkel elemezzük.

Irodalomjegyzék

- [1] Drégelyi-Kiss, Á., and E. Németh, "Tárcsafék gyártástechnológiájának javítása kísérlettervezéssel", XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, Romania, pp. 79-82, 03/2011
- [2] Gitlow, Howard S., Shelly J. Gitlow: The Deming Guide to Quality and Competitive Position. Prentice Hall Trade. January 1987
- [3] Kemény, S., Deák, A.: Kísérletek tervezése és értékelése, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 2000. 367. o.
- [4] Montgomery, D. C. (2009): Statistical Quality Control, pp. 49-59, John Wiley and Sons, Asie