

KÁROSODOTT FOLYATÓ FÉSZEK VIZSGÁLATA

Koncsik Zsuzsanna

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: zsuzsanna.koncsik@uni-miskolc.hu

Cserjésné Sutyák Ágnes

mesteroktató, Miskolci Egyetem, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: mechsagi@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A Mátrametál Kft.-nél alumínium ötvözet alapanyagból változatos geometriai kialakítású aeroszolos palackokat gyártanak. A gyártás során egyes szerszám elemeket, alkatrészeket a vállalat saját maga tervez és gyárt le, valamint hőkezel a megfelelő tulajdonságok elérése érdekében. Jelen cikkben a gyártási folyamat első lépéséhez kapcsolódó alkatrész, a hátrafolyatás műveletéhez használt folyató fészek károsodásának elemzését mutatjuk be. A károsodás okának vizsgálata során kitérünk az alkatrész mechanikai igénybevételére, illetve a károsodás során tapasztalt jelenségek mikroszkópi vizsgálati eredményeinek bemutatására.

Kulcsszavak: károsodás elemzés, hátrafolyatás, folyató fészek

Abstract

At the Mátrametál Ltd. from aluminium alloy base material several type of aerosol bottles with different geometry are produced. For manufacturing some of the tools or components are designed, created and heat treated by the company answering the requirements of their own production process. In this paper the damage analyses of a backward extrusion die, applied for the process of backward extrusion of aluminium alloy cylinder is published. During the analyses the mechanical loads of the component are highlighted and the fracture surface analyses of the damaged sample is detailed applying microscopic investigation.

Keywords: damage analyses, backward extrusion, backward extrusion die

1. Bevezetés

A Mátrametál Kft. alumínium csomagolóeszközök gyártásával foglalkozik. A vállalat a gyártósoraihoz saját maga gyártja, üzemelteti, karbantartja, és szükség esetén felújítja a gyártó, alakító szerszámokat. A fejlesztési folyamat elengedhetetlen része a szerszámtervezés és szerszámgyártás jelenlegi technológiai szintjének áttekintése, felülvizsgálata, az alkalmazott és az alkalmazható anyagok körének átgondolása.

A szerszámtervezés és szerszámgyártás meghatározó döntése a megfelelő szerszámélettartam elérése érdekében a szerszám anyagának helyes megválasztása, és a megfelelő gyártástechnológia meghatározása. A gyártástechnológiai lépések között ugyancsak az élettartamot alapjaiban befolyásoló technológiai lépés – egyéb más fontos tényező mellett – a szerszámanyag megfelelő hőkezelési technológiájának megválasztása [1], [2], [3].

A Mátramétál Kft.-nél alumínium „pogácsákból” kiindulva változatos formavilágú aeroszolos palackok készülnek. A csomagoló eszközök gyártását tekintve két különböző gyártási fázis különíthető el. Az első fázisban történik az alumínium pogácsákból a hátrafolyatott hengeres csomagoló test kialakítása. A gyártás második fő lépcsője, a design szempontjából meghatározóbb lépcső, a palack nyakrézéneke és lezárásának formai kialakítása, az úgynevezett nyakbehúzás. Ezeknek a gyártási folyamatoknak – bár mindkettő alapvetően egy hidegalakítási technológia – más kialakítású szerszám igényük van.

Jelen cikk témája a csomagoló test kialakításának első fázisához kapcsolódik, a hátrafolyatás során alkalmazott folyató fészek károsodásának vizsgálatával foglalkozik.

2. A szerszámmal szembeni elvárások

A hidegfolyatás nagy termelékenységgű eljárás, amellyel a nagy méretpontosságú és jó felületi minőségű üreges testeket készítenek. Alkalmazása túlnyomóan forgásszimmetrikus alkatrészek előállítását szolgálja. A hagyományos forgácsolással szemben a hidegfolyatás lényeges előnye a feldolgozandó anyaggal való takarékoság. A hidegfolyató eljárás további előnye a szűk tűréshatárok és a jó felületi minőség. Ezek megvalósítása a szerszámmal szemben minőségi követelményeket támaszt, melyek korszerűbb szerszámanyagok és azok hatékony hőkezelési technológiáinak alkalmazását teszik szükségessé [3], [4].

A hidegfolyatás során a megfelelő átmérőjű, kenőanyaggal ellátott alumínium pogácsákból, mint kiinduló darabból hozzák létre az üreges testet. A kiinduló darabot zárt üregben, az úgynevezett folyatógyűrűben (matricában) a folyatóbéllyeg nyomás alá helyezi és az így közel hidrosztatikus nyomófeszültségi állapotba került fém a hátrafolyatás során a folyatógyűrű és a béllyeg közötti résen átfolyik.

Az alakítás elvéből következik, hogy a folyatószerszám elemeire rendkívül összetett és jelentős igénybevétel hat. A szerszámüregben az alakítandó anyag alakítási szilárdságától függően rendkívül összetett és jelentős nagyságú, 1000...3000 MPa nyomást kell létrehozni, amit a folyatóbéllyegnek is el kell viselni. Ha a béllyeg nem egészen központos, vagy a bennragadása nem küszöbölhető ki, akkor további járulékos hajlító- és húzó igénybevétel is fellép. Az alakítandó anyag és a szerszám között nagy nyomáson fellépő súrlódás jelentős koptató hatást és melegedést okoz. A folyatószerszámokat a súrlódás csökkentésére polírozni, munka közben pedig kenni kell [5]. A folyatógyűrűt (matricát) a súrlódásból eredő nagy koptató hatáson kívül a belső nyomásból eredő összetett, többtengelyű, alakításonként ismétlődő igénybevétel éri. A folyatógyűrű terhelési állapota az előfeszítés mértékétől függően lehet a tisztán húzó-, a húzó-nyomó és a tisztán nyomó feszültségek tartományában [6], [7], [8].

Egy szerszám terhelését tehát elsősorban a nyomó-, a húzó- és a hajlító feszültségek okozzák, továbbá az ebből eredő súrlódási, kopási és hőterhelések. Ezen tényezők nagysága a feldolgozandó acél (fémötvözet) jellegétől és méretétől, az alakváltozás mértékétől, gyakoriságától és sebességétől, a szerszám (sajtoló béllyeg, matrica) formájától, valamint a kenőanyag minőségétől függ.

A folyató szerszám terhelési határait úgy kell megválasztani, hogy a szerszám törése és idő előtti elhasználódása (kopása) elkerülhető legyen.

A hidegfolyatáskor a szerszámacél kiválasztása az eljárás döntő kritériumának számít. Ez egyrészt függ az igénybevétel jellegétől, nagyságától, másrészt az előírt méretpontosságtól, és a gyártási sorozat nagyságától. Az utóbbi időben a szerszámacélok kiválasztásakor egyre nagyobb részarányban szerepelnek a gyorsacélok és a porkohászati szerszámacélok. A zsugorított matricák optimalizálásánál – különösen a sajtolóperselyek esetében – a keményfém betétek váltak be [8].

A szerszámacél megválasztás alapelve, hogy a kopásállóság és nyomószilárdsággal szembeni legnagyobb követelménykor a nagy keménységű acélokat is felhasználják (pl. gyorsacélokat). Nagy sorozatnál ledeburitos króm-acélokat (12% Cr), kisebb sorozatnagyságnál a közepesen és nagymértékben ötvözött (~5-8% Cr) acélokat alkalmazzák, ekkor a szívósság a meghatározó követelmény.

3. Kísérleti munka

A vállalat rendelkezésünkre bocsátott egy darab károsodott folyató fészeket, amely két elemből, egy külső foglalo gyűrűből és egy keményfém gyűrűből áll. A már károsodott, repedést tartalmazó folyató fészekről készült felvétel az 1. ábrán látható, az alkatrész belső átmérője 52,7 mm, külső átmérője pedig 107 mm.



1. ábra. A károsodott folyató fészek alsó és felső oldala

A vállalattól kapott információk alapján a külső foglalo gyűrű W302 anyagminőségű megalakító szerszámacél, a keményfém gyűrű pedig WC15Co anyagminőségű.

A károsodás elemzésének megkezdése előtt azt már megállapítottuk, hogy a külső foglalo gyűrű falvastagságához (13,4 mm) viszonyítva a belső keményfém gyűrű vastagsága (13,7 mm) nagy. Az alkatrész konstrukciós kialakításának újragondolását, számítások elvégzését javasoljuk [9].

A károsodás elemzésekor abból indultunk ki, hogy a külső foglalo gyűrűbe a keményfém betétet előfeszített állapotban, abban tangenciális irányú nyomófeszültséget indukálva foglalták bele. A károsodás részletei, körülményei ismeretlenek, így a károsodás módját tekintve két esetet tételeztünk fel:

- a külső megjelenés alapján a folyató fészeket a keményfém betéten nagy erejű dinamikus igénybevétel érthette, amelynek hatására a keményfém betét teljes keresztmetszetében megrepedt, az így kitágult belső gyűrű feszítette, majd egy bizonyos idő eltelté után berepesztette a külső gyűrűt is, vagy,
- a belső gyűrűben a csomagoló anyag gyártási folyamata során, üzemelés közben húzófeszültség ébredt, amely jelentősen meghaladta az eredetileg jelen lévő nyomó feszültség szintjét, ezáltal repedést indukálva a keményfém gyűrűben. Egy gyors, rideg repedésterjedés következtében a gyűrű eltört, átmérője megnőtt, adott ideig, adott ciklusszámig feszítette a külső foglalo gyűrűt, amely megrepedt, és a keményfém gyűrű külső felületéről az anyag lepattanása ezután, a folyamat végén következett be.

A káresetelemzés első lépéseként sztereo mikroszkópi felvételt készítettünk a kitört anyagrészről, amelyet a 2. ábra szemléltet.

Ezt követően a darabolás megkezdése előtt keménységet mértünk mindkét gyűrűn. A keménységmérést Reicherter UH250 univerzális keménységmérő berendezésen végeztük el, 100 N terhelőerőt alkalmazva, 5s ideig, 3-3 ponton mérve a keménység értékét.

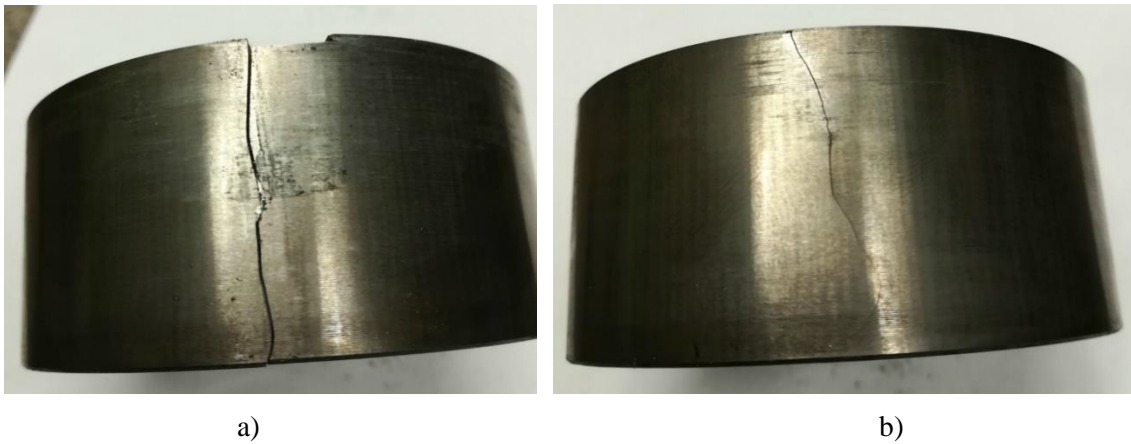


2. ábra. A keményfém gyűrű kitört része, nagyítás: 6,5x

A keményfém gyűrű átlagkeménysége: 1132 HV, szórási együtthatója: 4,1%; a külső foglalo gyűrű átlagkeménysége: 450 HV, szórási együtthatója: 1,3%. A szórási együtthatók alapján a mérési eredmények megbízhatók.

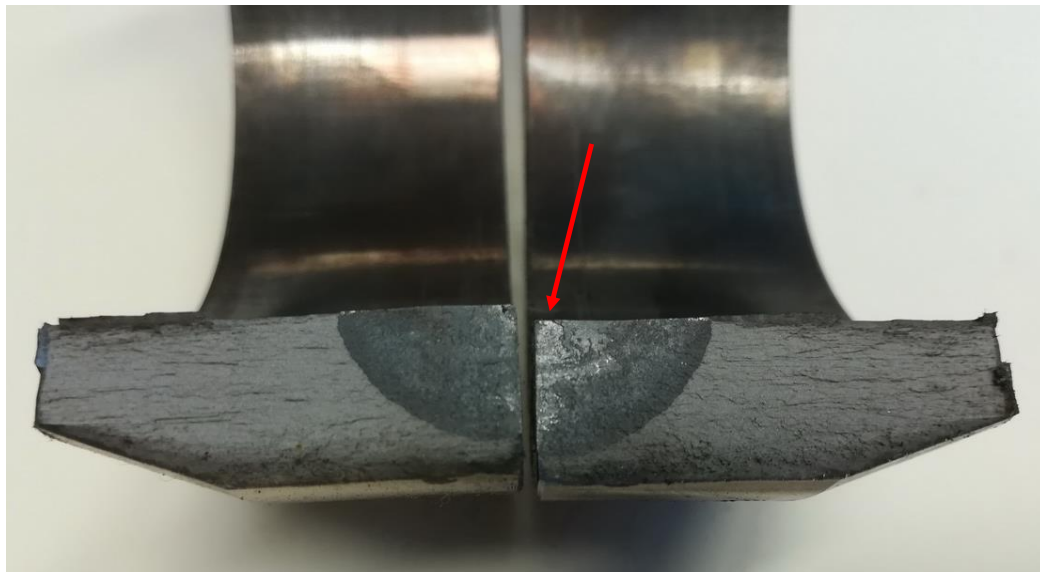
A darabolás során a külső gyűrűt bemetszve, annak eltávolítása nem okozott nehézséget. A belső gyűrűn a 3. ábrán látható két repedést találtuk. A nagyobb méretű repedés volt a kitörésre merőleges irányú, a másik, kisebb repedés nem volt látható eredetileg a keményfém gyűrű felületén.

Ezt követően a két repedés mentén felnyílt a keményfém gyűrű is. Az így rendelkezésre álló töretfelületen mind a külső foglalo gyűrűn, mind a belső keményfém gyűrűn további mikroszkópi vizsgálatokra nyílt lehetőség.



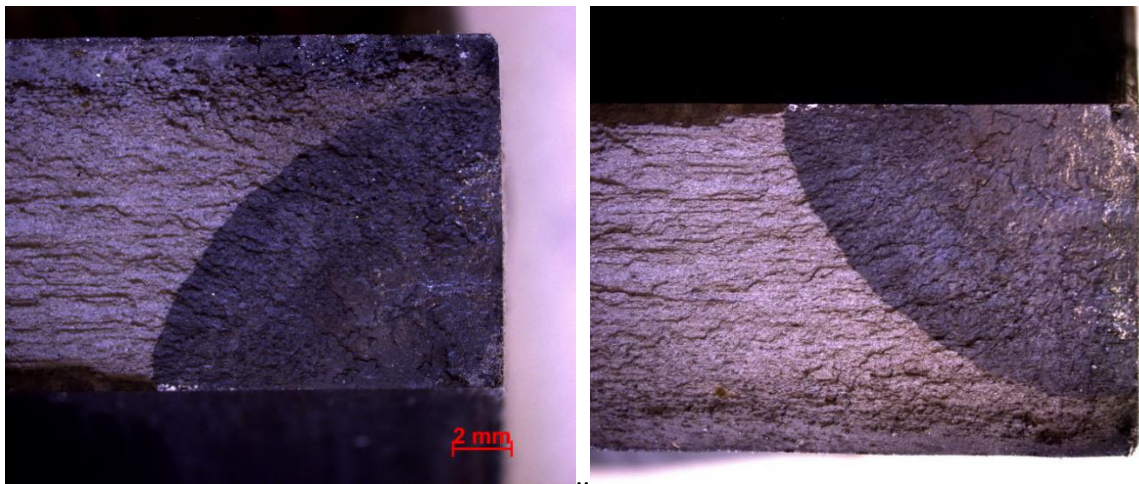
a) b)
3. ábra. A keményfém gyűrűn lévő nagyobb a) és kisebb b) repedések

A külső foglалógyűrű repedést tartalmazó töretfelületeinek makroszkópi felvétele látható a 4. ábrán. A jobb oldali foglалó gyűrű részen a bal felső saroktól indulóan fényes repedésfelület látszik (lásd piros nyíl), amely fölött egy-két félkörív is megjelenik. Ez a jelenség kisciklusú fáradásos törés jelenlétére utal, bár meg kell jegyeznünk, hogy ennek beazonosítása a kis ciklusszám és a nagy terhelések miatt nehéz.



4. ábra. A külső foglалó gyűrű törete

A töretek sztereo mikroszkópi felvétele az 5. ábrán látható. A bal oldali felvételen az elszíneződött körív vonalának megfelelően további körívek láthatók, fáradásos töret jellemzői. A jobb oldali felvételen, a jobb szélhez közeledve a repedés fényesedik, a jobb felső sarokban egy pórus-szerű jelenség látható, amely lehetett a repedés kiinduló helye.



a)

b)

5. ábra. A külső fogláló gyűrű sztereo mikroszkópi felvétele, nagyítás: 6,5x

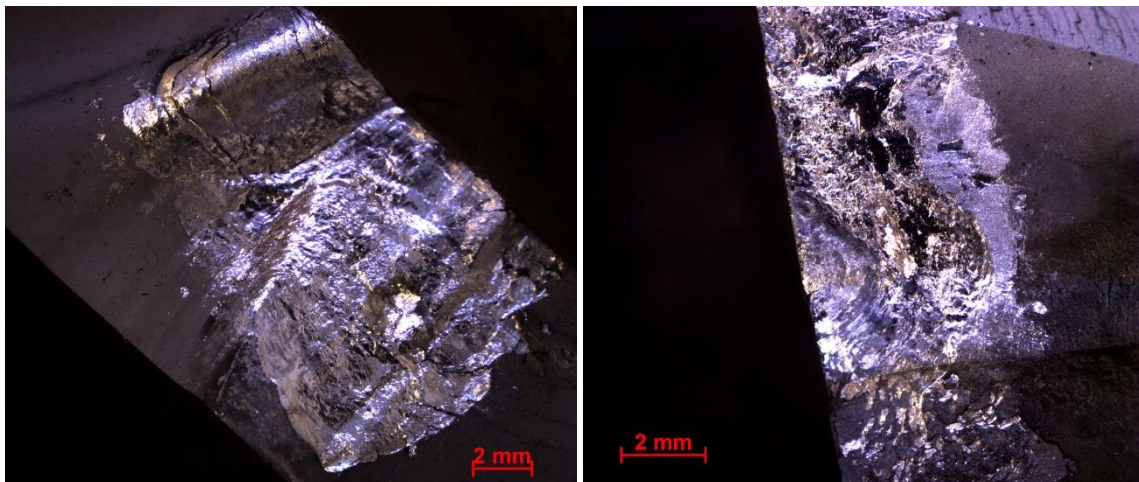
A törött keményfém gyűrőről készített makroszkópi felvételeket a 6. ábrán láthatunk. A keményfém töreteken alapvetően ridegtörés nyomait láthatjuk, a belső felülethez közeli részeken azonban fémes fényű folt, filmréteg jelenik meg mindkét repedés, mindkét töretfelületén.



6. ábra. A keményfém gyűrű töreteiről készített makroszkópi felvételek

A továbbiakban a keményfém töretet és a rátapadt filmet vizsgáltuk. A vizsgálatok során elemeztük a töreket sztereo mikroszkóp segítségével, végeztünk kémiai összetétel vizsgálatot a széleken, a matt részen, illetve a középső régióban, a fémesen fénylő területen. Erről a területről pásztázó elektronmikroszkópi felvételeket is készítettünk a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben, Zeiss EVO MA 10 elektronmikroszkópon, EDAX EDS spektrométer alkalmazásával.

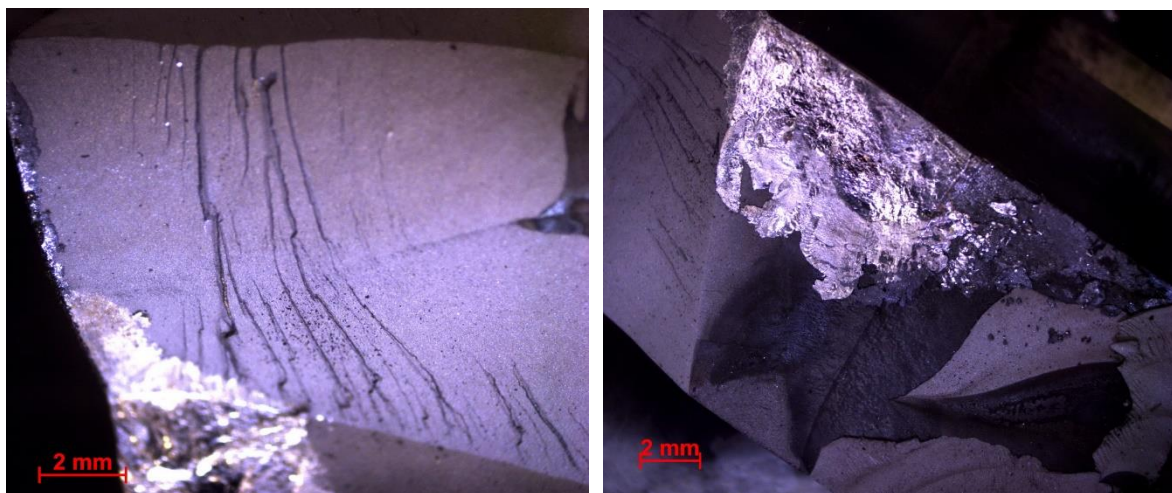
A töretek sztereo mikroszkópi felvételei a 7. és 8. ábrákon láthatók. A felületen látható filmréteg képlékeny alakváltozásra képes terület, ennek megfelelően változatos formában elkenődött a töreteken. A 8. ábrán többnyire a tisztán keményfém anyag rideg törete, a hasadási síkok láthatók.



a)

b)

7. ábra. A filmréteg a keményfém gyűrű töretfelületén, mindkét gyűrűrész töretfelületén, a) nagyítás: 6,5x; b) nagyítás: 12,5x



a)

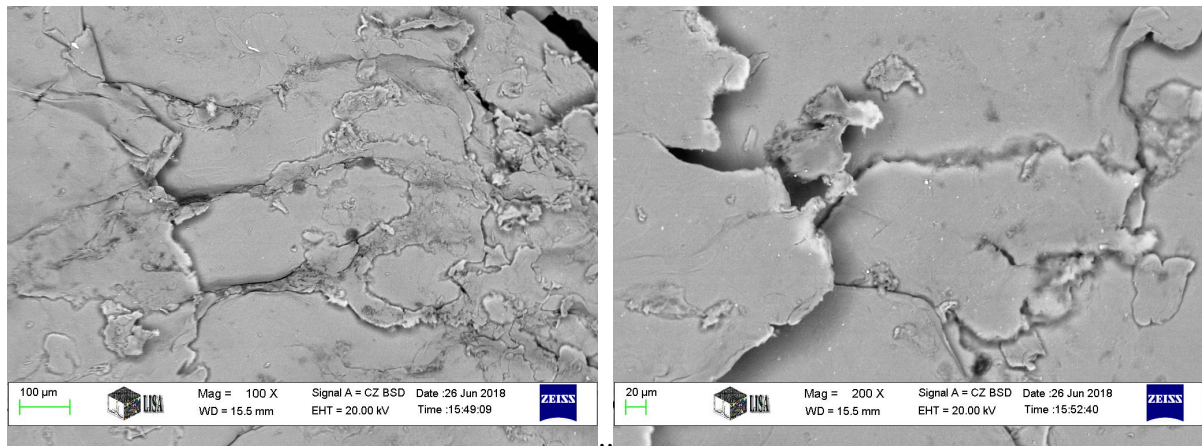
b)

8. ábra. A keményfém gyűrű töretei, a) nagyítás: 12,5x; b) nagyítás: 6,5x

A töretfelület szélének és a filmrétegnek a kémiai összetétel elemzése, az előzőekben bemutatott röntgendiffrakciós berendezés segítségével történt.

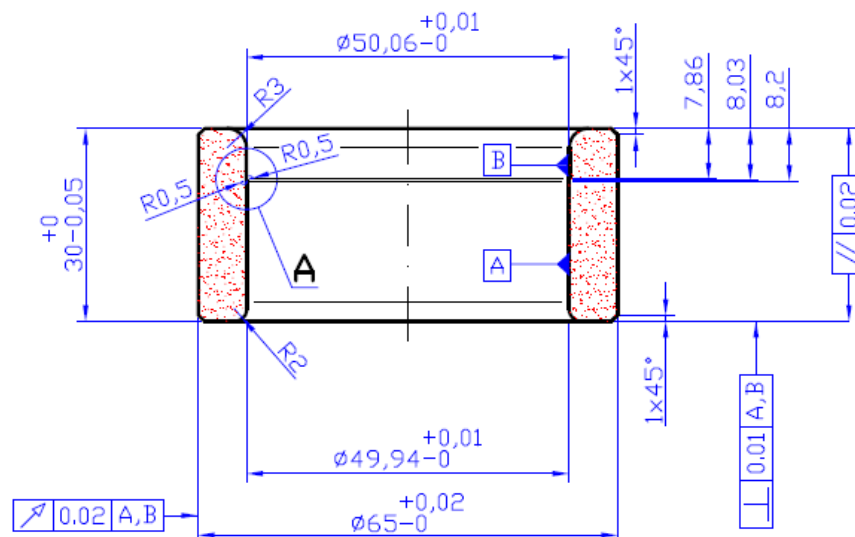
A kémiai összetétel elemzés alapján a töret széle W és Co elemeket tartalmaz, míg a középső filmrész, kisebb mennyiségű W és Co tartalom mellett jelentős mennyiségben Al elemet tartalmaz. Vagyis a filmréteg, a gyártott alumínium csomagoló eszköz anyaga, az elrepedt keményfém matrica repedéseibe betüremkedett és ott a néhány további ciklus alatt tovább alakváltozott.

A filmréteg egy része eltávolítható volt a felületről, erről készült pásztázó elektronmikroszkópi felvétel is, amelyet a 9. ábra mutat. A különböző morfológiájú területekről készült kémiai összetétel elemzés is, ám mindkét terület nagymértékben alumíniumot tartalmazott.



9. ábra. A filmréteg pásztázó elektronmikroszkópi felvétele

További érdekesség, hogy az eltört keményfém gyűrű műszaki rajza alapján a gyűrű úgynevezett lépcsős gyűrű (lásd 10. ábra). Ez azt jelenti, hogy a felülettől adott távolságban szűkül az átmérő.



10. ábra. A keményfém gyűrű műszaki rajza [10]

Megvizsgálva a töretek és ezek átmérőcsökkenés viszonyát – lásd 11. és 12. ábrák –, megfigyelhető, hogy abban a magasságban, ahol a keményfém gyűrű belső átmérője lecsökken, a repedés éles, feltehetően innen indult. Ezeket a részeket piros nyilak jelzik a 11. és 12. ábrákon.



11. ábra. A keményfém gyűrű geometriai kialakítása és a repedés indulási helye a nagyobb méretű gyűrűrészen



12. ábra. A keményfém gyűrű geometriai kialakítása és a repedés kiindulási helye a kisebb méretű gyűrűrészen

A geometriai kialakításból adódóan az átmérőváltozás helyén a keményfém gyűrűben már feszültséggyűjtés jelentkezik. Ez és az ehhez hozzáadódó feltételezett húzófeszültség együttes jelenléte – amely a nem megfelelő előfeszítés miatt léphet fel – együttesen okozza ezen rideg, nagy keménységű és kopásállóságú anyag tönkremenetelét. A szerszám repedt állapotában feltehetően még további néhány ciklusszámot dolgozott, hiszen a repedésbe az alumínium bejutott, illetve az ott tovább alakváltozott.

4. Összefoglalás

Aeroszolos palackok testének kialakításához alkalmazott hátrafolyatató szerszám matricájának károsodás-elemzését tartalmazza a cikk. A szerszám alapvető igénybevétele, ha más extrém terhelés nem lép fel, a koptató igénybevétel volna, amely hosszú időtartam és nagy ciklusszám után okozhat a szerszámban tönkremenetelt. A vizsgált szerszám károsodása azonban elsősorban ridegtörés, amely keletkezhetett az összeszerelés során alkalmazott túl nagy előfeszítés során, vagy az üzemeltetés alatt fellépő extrém nagy terhelés hatására. A ridegtöréshez vezető repedések kiinduló pontja az a pont, ahol a keményfém gyűrűben átmérváltozás következik be, így ez már önmagában feszültséggyűjtő hely. A repedés megjelenését követően a szerszám még további, ismeretlen számú cikluson keresztül üzemelt, amely folyamat során a már kialakult, de csak a belső gyűrűben jelentkező repedésekbe a gyártott termék anyagából is került, mint egy filmréteg felkenődött a repedés felületére.

5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] Bajcsay, P., Bódis, L., Ortutay, B.: *Hütte: A mérnöki tudományok kézikönyve*, Springer Hungarica, Budapest 1977.
- [2] Artinger, I., Csikós, G., Krállics, Gy., Németh, Á., Palotás, B.: *Fémek és kerámiák technológiája*, Műegyetemi Kiadó, Budapest 1997.
- [3] Balogh, A., Sárvári, J., Schäffer, J., Tisza, M.: *Mechanikai technológiák*, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2003.
- [4] Kisfaludy, A., Réger, M., Tóth, L.: *Szerkezeti anyagok III. Mérnöki anyagtudomány, Az anyagválasztás és felhasználás összefüggésrendszere és stratégiája*; 1998. Bánki Donát Műszaki Főiskola, pp. 1-82.
- [5] Gál, V., Lukács, Zs.: *Alumínium képlékenyalakítása során fellépő szerszámkopás numerikus modellezése*, In: Vadászné, Bognár Gabriella; Piller, Imre (szerk.) Doktoranduszok fóruma 2018: Gépészmérnöki és Informatikai Kar szekciókiadványa, Miskolc, Magyarország: Miskolci Egyetem, (2019) pp. 20-25. 6 p.
- [6] Bagyinszki, Gy., Berecz, T., Dobránszky, J., Kovács-Coskun, T., Szabó, P. J., Mészáros, I., Nagyné Halász, E., Pinke, P., Szakál, Z., Varga, P.: *Anyagtudomány*, Egyetemi Tananyag, 2012. ISBN 978-963-279-532-4, Typotex Kiadó, pp. 1-676.
- [7] Osman, M., Zombory, J.: *Hidegalakító szerszámok méretezése*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970. ETO 621.983.2.07, pp. 1-287.
- [8] Bagyinszki, Gy., Kovács, M.: *Gépipari alapanyagok és félkészgyártmányok*, Gyártásismeret, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, ISBN 978 963 275 080 4, 2010. pp. 1-178
- [9] Gál, V., Lukács, Zs.: *Lépcsős hátrafolyatató matrica hatása a folytatott termék falvastagságára*, In: Bodzás, Sándor; Antal, Tamás (szerk.) Műszaki tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2019. konferencia előadásai Debrecen, Magyarország: Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, (2019) pp. 113-116, 4 p.
- [10] Mátrametál Kft. *Hátrafolyatató szerszám műszaki rajza*