

Nyomásosan öntött alumínium alkatrész folytonossági hibáinak jellemzése

Characterisation of continuity defects in die-cast aluminium parts

Horváth Richárd^a, Réger Mihály^b, Gáti József^c, Oláh Ferenc^d

^{a,b,c,d} Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
^a egyetemi docens, horvath.richard@uni-obuda.hu; ^b egyetemi tanár, reger.mihaly@uni-obuda.hu;
^c c. egyetemi docens, gati@uni-obuda.hu; ^d intézeti mérnök, olah.ferenc@uni-obuda.hu

Kulcsszavak

szívódási üreg,
szívódási üreg modellezése,
nyomásosan öntött alumínium
alkatrész,
CT vizsgálat,
porozitási térkép

Keywords

shrinkage cavity,
modeling of cavity formation,
aluminum die-casting part,
CT method,
porosity map

Absztrakt

A jelen dolgozatban egy nyomásos öntéssel, gáztömörégi eljárással készült alumínium alkatrész komputertomográfus és roncsolásos vizsgálati eredményeit hasonlítjuk össze, illetve elemezzük a porozitási térkép pontosítása érdekében. A kétféle eljárással feltárt folytonossági hiányok feltérképezése lehetőséget ad egyrészt a megmunkált felületre, illetve annak közvetlen közelébe eső folytonossági hibák számának, alakjának és eloszlásának becslésére, másrészt a folytonossági hibák roncsolásmentesen és szekvenciális finomforgácsolással feltárt jellemzőinek összehasonlítására. A vizsgálatok során – az adott öntvény CT vizsgálatának eredményeire építve – egy kiválasztott térfogatrészben az öntvény szekvenciális finomsztergálásával roncsolásos hibafeltárást is végeztünk. A forgácsolási paraméterek megválasztásának alapvető szempontja az volt, hogy a megmunkálási felületen a lehető legkisebb képlékeny alakváltozás (kenődés) jöjjön létre, azaz a porozitás egyértelműen azonosítható legyen. Az ily módon létrehozott felületeken vizsgáltuk a porozitások pozícióját, alakját és egyéb jellemzőit. A kutatás a kétféle hibafeltárási módszer alkalmazásából adódó eredményeket és eltéréseket is elemzi.

Abstract

The results of computed tomography and destructive examination of a gas-tight aluminum die-casting part were compared and analyzed in order to refine the porosity map of the casting. The mapping of the defects revealed by this two methods makes it possible to estimate the number, shape and distribution of discontinuities and to compare the characteristics of defects detected by non-destructive and destructive ways. On the bases of the CT examination results, destructive defect detection was performed by sequential fine turning in a selected volume of the casting. The basic aspect of cutting parameters' selection was that the smallest possible plastic deformation (smearing) should occur on the machined surface, ie. the porosity should be clearly identifiable. The position, shape and other characteristics of the porosities were examined on the surfaces revealed in this way. The study also analyzes the differences between the results of defect detection methods.

1. Bevezetés

A nyomásos alumíniumöntvények minőségének egyik legfontosabb jellemzője az öntvény porozitásának mértéke, mely sűrűségméréssel és számítással általában kielégítő pontossággal meghatározható. Fokozott minőségi, pl. gáztömörégi igény esetén nem elegendő a porozitás összmenyiségének ismerete, mivel a porózus részek öntvényen belüli eloszlásának is jelentősége van. Az öntvény külső, gyorsan dermedő felülete, megfelelő nyomásos öntési technológia alkalmazása mellett általában porozitásmentes, de az öntvény belsejében többféle okból és változatos eloszlásban porózus anyagrészek jöhetnek létre, melyek egy része az utólagos forgácsolási művelet során és a készre munkáláskor a felszínre kerülhetnek. Az egyedi porozitási hibák elhelyezkedése roncsolásmentes módon komputertomográfus (CT) vizsgálatokkal állapítható meg.

A főként autóiipari, de más területeken is alkalmazott alumínium-szilícium nyomásos öntvény kompresszorok alkatrészeinél a gáztömörség biztosítása az egyik legfontosabb minőségi követelmény. A magas szintű gáztömörség elérése az ilyen ötvözeteknél azért okozhat nehézséget, mert:

- a dermedést mintegy 7 %-os fajtérfogat változás (zsugorodás) kíséri,
- az öntési műveletben az olvadékfelület oxidációja részlegesen megtörténhet, az így bekerülő alumínium-oxid folytonossági hibákat okozhat,
- az olvadékból dermedés közben oldott gázok (elsősorban hidrogén) szabadulhatnak fel.

Az öntvények felületi, illetve felületre kifutó porozitásai tömítésére többféle eljárást alkalmaznak, melyek közül egyik meghatározó a vákuum impregnációs technológia.

Az üzemi tapasztalatok szerint a gondosan elkészített minőségi öntvények impregnálását követően is felléphet szivárgás, melynek okai a következőkre vezethetők vissza:

- az impregnálás szempontjából kritikus méretű, és/vagy kritikus alakú átmenő üregrendszer (természetes és/vagy mesterséges) van jelen az öntvény falában,
- az öntvényfalban lévő, a felületre kifutó oxidhártya közvetítésével alakul ki a gázszivárgás.

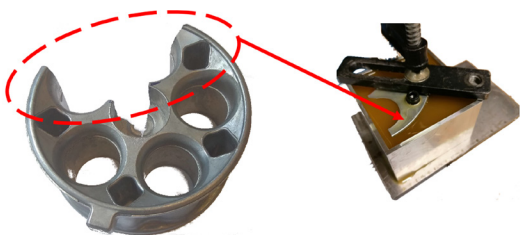
A gáztömörség biztosítása érdekében alkalmazott speciális nyomásos öntési technológiák alkalmazása esetén is (pl. HPDC, vacuum assisted HPDC, olvadék védelem és szűrés stb.) az öntvény kb. 0,5-3% mennyiségben, bonyolult alakú, kis keresztmetszetű és térfogatú üregrendszereket tartalmazhat [1]. A gáztömörség fokozható az olvadékmínőség javításával, megfelelő, tömör dermedést eredményező kristályosodási körülmények biztosításával és a nyitott pórusok, üregek utólagos tömítésével, pl. vákuum impregnálással. Az öntvény megmunkálása során az üregrendszer alakja nem változik, de bizonyos elemei – az utólagos megmunkálási műveletek során – a felszínre kerülhetnek, vagyis a nyitott üregek aránya növekedhet. Ennek megfelelően az impregnálást az öntvény készre munkálását követően célszerű beiktatni, annak érdekében, hogy a megmunkálás során a felszínre került folytonossági hiányok is lezárhatóvá váljanak.

A vákuum impregnálás elsősorban a megfelelően kicsi jellemző pórusmérettel bíró üregek esetében hatásos technológia. A szinterelt fémötvözeteken végzett laboratóriumi impregnációs kísérletek szerint 100 mikronos átmérő alatt jellemzően minden pórus telítődik, 100 és 500 mikron között a pórusok mintegy harmada viszont nem záródik be. A kísérletek alapján 500 mikron pórusméret felett lényegében hatástalannak mutatkozott az impregnálás a szintereléssel készült minták gáztömörségének biztosítására [2].

A jelenség alapvető oka, hogy a pórusok eltömítése kicsi viszkozitású töltőanyagot (műgyantát) igényel annak érdekében, hogy az a kisméretű pórusokba be tudjon szívárogni. A nagyobb keresztmetszetű nyitott üregekből a töltőanyag részben, vagy egészben a kikeményítés előtt el tud távozni. Nagyobb viszkozitású töltőanyag a készre munkált felületek szennyeződése miatt nem alkalmazható. Nyomásos öntéssel készített alumínium alkatrészek esetében a szívárgás általában nem egy póruson, hanem a porozitási üregek összekapcsolódásából kialakuló szívárgási útvonalon keresztül történhet. Ilyen szempontból a kulcskérdés nem az, hogy milyen méretű pórus szüntethető meg az impregnálással, hanem hogy sikerül-e a szívárgási nyomvonalakat maradéktalanul lezárni.

A vonatkozó szakirodalomban számos utalás, de igen kevés közvetlen bizonyíték található az oxidhártya gáztömörséget befolyásoló szerepének mechanizmusára. Oxidhártya az olvadt alumíniumötvözet levegővel érintkező részén alakul ki, vastagsága alapvetően az oxigéntartalmú atmoszférával való érintkezési időtől függ. A kísérletek szerint az olvadék felszínén az oxidréteg már tizedmásodpercek alatt is létrejön, vastagsága ilyenkor a nanométeres tartományba esik. Az oxidhártya eltávolítására kerámiaszűrőket alkalmaznak közvetlenül a fémolvadék formába lövése előtt, de a formatöltés során is újra létrejöhet a hártya. A vékony oxidhártya alakja az áramlás során megváltozik, önmagára fordul, és ún. bifilm réteget alkothat. A dupla oxidhártya középvonalában a korábban a levegővel érintkező felületek tapadnak össze, vagyis jellemzően nincs olvadékfázis a hártya két rétege között. Az összetapadt, gyakran többszörösen összetapadt bifilm geometriája, elhelyezkedése és végső alakja az áramlási és dermedési viszonyoktól, valamint az olvadék gáztartalmától és gázoldó képességétől függ. Ha elegendően kicsi a fémötvözet gáztartalma, akkor is az oxidhártya belseje potenciális szívárgási útvonal lehet, mivel az oxidhártya valamilyen mértékben gázáteresztő tulajdonságú [3, 4].

Az öntvényben kialakult folytonossági hiányok mind a gáztömörségét, mind a mechanikai tulajdonságokat rontják. A nagy ciklusú kifáradási kísérletek bizonyították, hogy a pórusméret és annak közelsége a felülethez jelentősen befolyásolja az ismétlődő igénybevétel által generált repedés kialakulást [5]. A zsugorodási hibák méretének csökkentése növeli az alkatrész kifáradási határát [6]. A szívódási üreg és anyagfolytonossági hiány kialakulásának, pontos helyének és alakjának előrejelzése sok bizonytalansággal terhelt. Így a folytonossági hiányok méret és eloszlási jellemzőinek megismerése,



1. ábra: Vizsgált alkatrész, valamint a szekvenciális forgácsolással történő szívódási üreg feltárásához beöntött kivágott alkatrész

vagyis a porozitási térkép fontos információkat szolgáltathat a gyártástervezés folyamatában. A szívódási üregek azonosítása komputertomográfus vizsgálattal történhet, de a pórusok részletes feltárására, geometriai jellemzőik meghatározására metallográfiai vizsgálatokat is célszerű végezni [7].

2. Anyagok és módszerek

2.1 Vizsgált alkatrész ismertetése

Az ipari felhasználásban a nyomásos alumínium öntvények előállítására mind az eutektikus, mind a hipereutektikus ötvözetek elterjedtek. Az eutektikus ötvözet kiválóan önthető, a hipereutektikus ötvözetek pedig jó szilárdsági tulajdonságaikkal és nagyobb kifáradási határaikkal tűnnek ki. A vizsgálatokat egy tömeggyártásban készült, közel tengelyszimmetrikus, eutektikus összetételű Al-Si nyomásosan öntött alkatrészen végeztük, melynek összetett geometriáját az 1. ábra mutatja.

2.2 Roncsolásmentes vizsgálatok eszközei

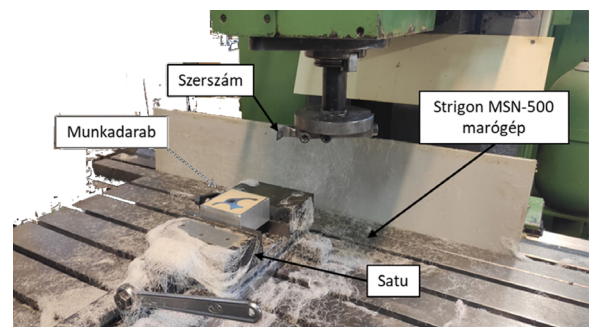
A roncsolásmentes vizsgálatok ZEISS Metrotom 1500 típusú komputertomográfias (CT) berendezéssel készültek, melyben egy 3K-s detektor három dimenziós, nagy felbontású adatállományt generálva teszi lehetővé a kisméretű anyaghibák kimutatását.

2.3 Roncsolásos szekvenciális finomesztergálás eszközei

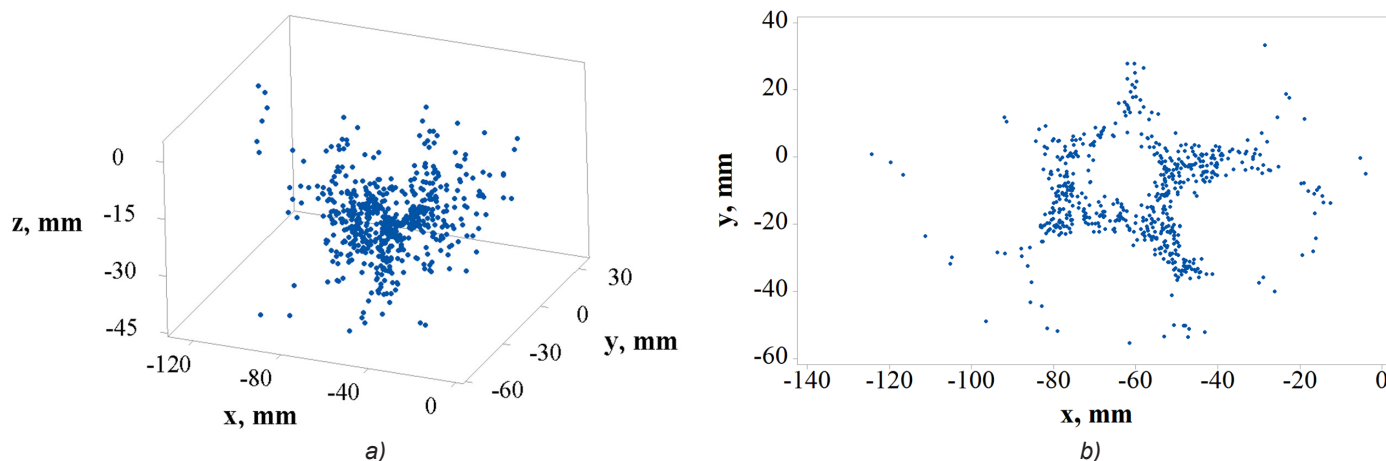
A forgácsolási kísérletek céljára a vizsgált alkatrészből az 1. ábrán látható mintát munkáltuk ki. A szekvenciális finomesztergálási művelet elvégzéséhez a kimetszett darabot műgyantába ágyasztuk, így annak megfelelő pozicionálása mind forgácsoláskor, mind a forgácsolt felületi jellemzők digitális rögzítése során biztosítható volt.

A forgácsolási kísérletek során egyéltű szerelt kivitelű szerszámot alkalmaztunk. A jó minőségű felület elérése érdekében a mérések során D alakú gyémánt élű lapkát használtunk (DPGW 11T304FST). A szerszámszár (ütőkés) átmérője 180 mm. A forgácsolási kísérletek elrendezését a 2. ábra ismerteti. A forgácsolási paraméterek az alábbiak voltak:

- fordulatszám, $n = 1400$ 1/min;
- előtoló sebesség, $v_f = 30$ mm/min;
- fogásmélység $a_p = 0,05$ mm (szeletek távolsága).



2. ábra: Szekvenciális forgácsolási vizsgálatok elrendezése



3. ábra: Roncsolásmentes vizsgálattal feltárt szívóssági üregek a munkadarabban
a) porozitások elhelyezkedése a vizsgált munkadarabban,
b) porozitások eloszlása az x-y sík vetületén

Minden egyes forgácsolási lépésben a feltárt felületről (szeletelési síkról), nagyfelbontású felvételt készítettünk (3600 dpi), melyen megfelelő nagyításban láthatóvá válnak a szívódási üregek kontúrjai az aktuális x-y síkban.

3. Eredmények

3.1 Roncsolásmentes vizsgálatok átfogó eredményei

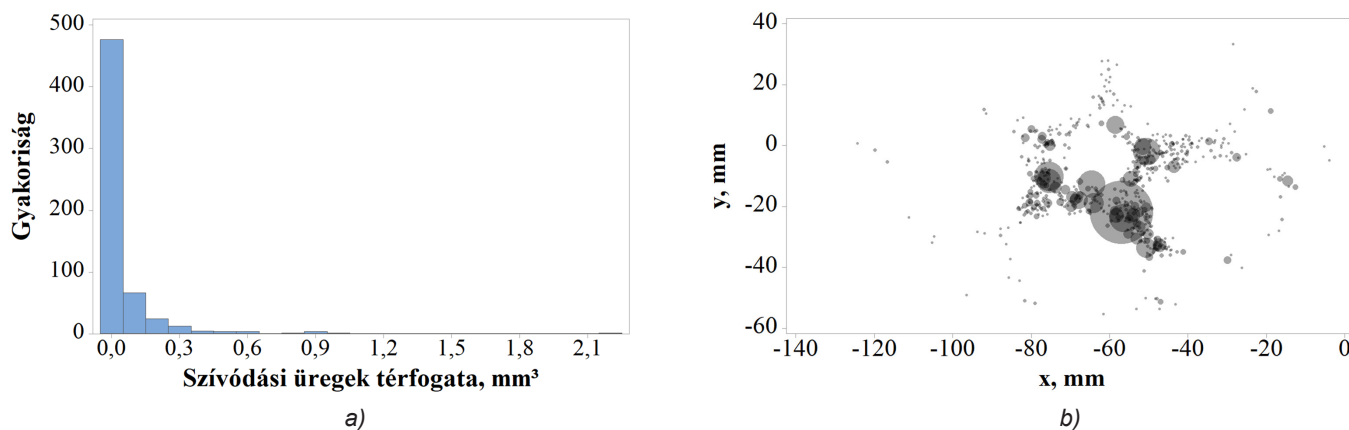
A CT vizsgálat 595 darab folytonossági hibát azonosított, melyek elhelyezkedését az alkatrészben a 3. a) ábra szemlélteti. Látható, hogy a hibák a darab centrumában nagyobb gyakorisággal fordulnak elő. Ennél még szemléletesebb képet mutat a hibák eloszlásáról, ha ugyanezt a detektált hibamennyiséget az x-y síkra vetítve vizsgáljuk (3. b) ábra). Az ábrán látható, hogy a legtöbb szívódási üreg a darab közepén a nagyobb falvastagságoknál alakult ki, ahol dermedés közben a falvastagság függvényében nagyobb a szívódási üregek képződésének valószínűsége.

A szívódási üregek térfogatát vizsgálva – a 4. a) ábra gyakorisági diagramja alapján – megállapítható, hogy a szívódási üregek térfogati méretének exponenciális

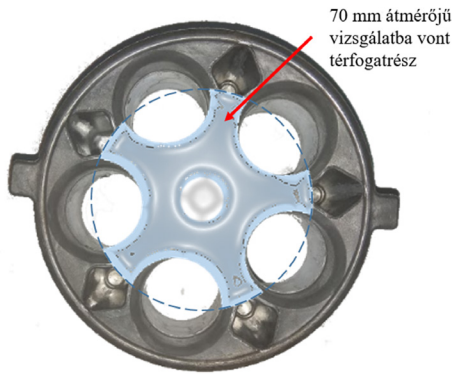
eloszlása valószínűsíthető. A 4. b) ábra a szívódási üregek nagyságát ábrázolja szintén x-y sík menti vetületben. Az ábrán az egyes szívódási üregeket a térfogatukkal arányos körök reprezentálják. Megfigyelhető, hogy a legnagyobb térfogattal rendelkező lunkerek a darab nagyobb falvastagságú öntött térrészein gyakoribbak.

3.2 A folytonossági hibák előfordulási gyakorisága az öntött felülettől való távolság függvényében

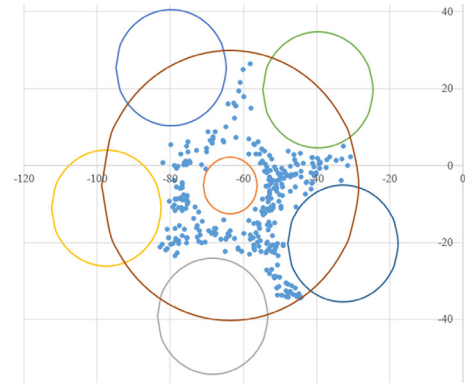
Az öntvények külső felületén, – különösen fémkokilla-, és nyomásos öntés esetében – a dermedési sebesség lényegesen nagyobb, mint az öntvény belső részeiben. A kristályosodási frontzónában (mushy tartomány) a dermedést meghatározó paraméterek közül mind a hőmérsékleti gradiens, mind a hűlési sebesség értéke a felülettől távolodva csökken. Ennek megfelelően az öntvények felületét az átlagnál finomabb szemcseszerkezet és tisztább olvadék-összetétel jellemzi. Ez a magyarázata a 3.1 fejezetben már ismertetett eredménynek, miszerint az öntvény felületközeli tartományában – ha az olvadékezelés és az öntési technológia megfelelő, – a belső, kristályosodással kapcsolatos anyagfolytonosság jellegű hiba és porozitás előfordulási valószínűsége kisebb.



4. ábra: Porozitások térfogatvizsgálata
a) porozitások térfogatának eloszlása,
b) porozitások térfogattal arányos ábrázolása az x-y sík vetületén



5. ábra: A hibaeloszlás vizsgálatára kiválasztott öntvény rész metszete az x-y síkban



6. ábra: A folytonossági hibák x-y alapsíkra projektált vetületei a vizsgált térfogatrészben

Az öntvényben kialakuló folytonossági hiba eloszlásának elsősorban megmunkálás szempontjából van jelentősége. Az öntvény belsejében lévő, a felületre ki nem futó, elfogadható méretű hibák – bár a mechanikai tulajdonságok szempontjából (pl. kifáradás) nyilván kedvezőtlenek –, ugyanakkor az öntvény rendeltetészerű használatát általában nem veszélyeztetik. Gyökeresen megváltozik a helyzet azonban akkor, ha az öntvény megmunkálása során ezek a belső hibák a felületre, vagy közvetlenül a felület közelébe kerülnek. Az ilyen folytonossági hibák a megmunkált felület egyenetlenségét, kitöredeződését okozhatják, mely a dolgozó felületek működését, kopásállóságát, kenőanyag felvételét stb. befolyásolja. További probléma, hogy gáztömörégi igény esetében, egy bonyolult alakú szívódási üreghálózat megnyílása átmenő, nyitott porozitást okozhat. Az ilyen jellegű hibák gáztömör lezárása az impregnálás megbízhatóságán múlik.

A folytonossági hibák eloszlásának feltérképezését az öntvény célszerűen választott szeletében végeztük el. A kiválasztott térfogatrész egy $z=15$ mm vastagságú, az x-y síkban mintegy 100 mm átmérőjű összetett hengeres test. Tekintettel arra, hogy a feltárt hibák zöme az öntvény középső tartományában található (5. ábra), a vizsgálatot a középső, 70 mm átmérővel jellemezhető, öt azonos szegmensből álló anyagrészen végeztük el. A fentieknek megfelelő módon definiált, az 1. ábrán látható keresztmetszetű térfogatrészre igaz, hogy annak minden hengeres oldalfelülete közelítően merőleges az x-y alapsíkra.

Ebben a térfogatrészben összesen 315 darab folytonossági hiányt állapított meg a roncsolásmentes vizsgálat. A hibák összesített térfogata $18,26 \text{ mm}^3$, vagyis az átlagos hiba-térfogat $0,058 \text{ mm}^3$. A legnagyobb térfogatú hiba $2,21 \text{ mm}^3$, a legkisebb $0,001 \text{ mm}^3$. A folytonossági hiányok kissé nyújtott ellipszoid alakkal jellemezhetők, az átlagos gömbszerűség $0,68$.

A roncsolásmentes eljárással meghatározott 315 hibahely x-y síkra vetített pozícióját szemlélteti a 6. ábra a vizsgált öntvényrész kontúrjainak feltüntetésével.

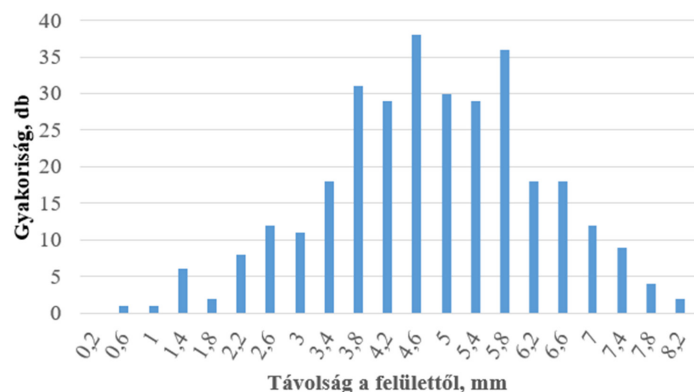
A folytonossági hibaeloszlás az öntvény középső tartományában nem egyenletes, annak ellenére, hogy az öt szegmensben található falvastagságok megegyeznek. A jelenségnek feltehetően öntéstechnológiai okai vannak, melyek elemzése nem tárgya a jelen vizsgálatnak.

A megmunkálással esetlegesen a felszínre kerülő

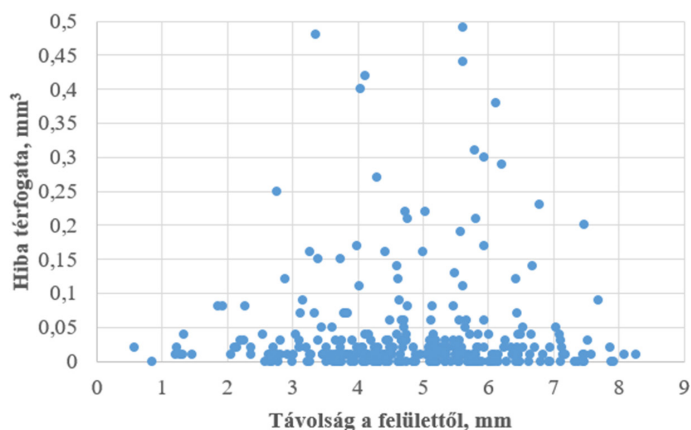
hibamennyiség becsléséhez meghatároztuk minden egyes hiba esetében a hibahely és a hozzá legközelebb eső felület távolságát, vagyis a folytonossági hibák felülettől számított mélységét. A legkisebb hibafelület távolság $0,575$ mm-re, a legnagyobb $8,258$ mm-re adódott. A mérési sorozat eredményét, a hibák felülettől mért távolságának gyakorisági függvényét a 7. ábra mutatja be.

Az eloszlási eredmény megmunkálási szempontból a felületről lemunkálendő anyagvastagság függvényében értékelhető. Ha pl. az öntvény vizsgált felületein $0,4$ mm-es lemunkálás történik, akkor nagy valószínűséggel egyáltalán nem kerül a megmunkált felületre belső hiba. 1 mm-es lemunkálás esetén a jelen esetben egyetlen belső hiba kerül a felszínre, nagyobb darabszámú hiba felületen történő megjelenésére pedig 3 mm-t meghaladó lemunkálás esetén kell számítani. A gyakorisági eloszlás alapján – az egyes felületek megmunkálási igénye ismeretében – a felületre kerülő hiba mennyisége becsülhető.

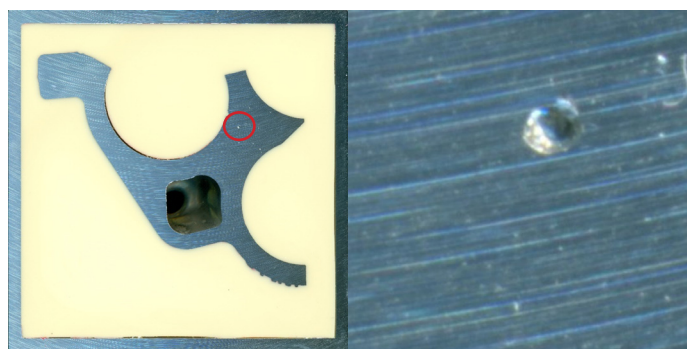
Az elvégzett elemzés lehetőséget nyújt a felület közelébe eső folytonossági hibák várható méretének meghatározására is. A 8. ábra diagramja igazolja azt a korábban említett feltételezést, miszerint az öntvényfelület közelében a tiszta olvadék gyors dermedése eredményeképpen kevés és kicsi méretű belső folytonossági hibák kialakulására lehet számítani. Az öntvény vastagabb anyagrészeit érintő megmunkálási lépések (pl. furatok, hornyok) esetén nagyobb mennyiségű és méretű folytonossági hibák fordulhatnak elő a megmunkált felületen.



7. ábra: A folytonossági hibák felülettől számított távolságának gyakorisági függvénye



8. ábra: A folytonossági hibák térfogata a felülettől számított távolság függvényében



9. ábra: A folytonossági hibák térfogata a felülettől számított távolság függvényében

3.3 Szívódási üregek vizsgálatának eredményei és azok összevetése a roncsolásmentes vizsgálatokkal szekvenciális finomesztergálás esetén

A roncsolásmentes eljárással meghatározott hibák geometriájának ellenőrzése és pontosítása érdekében néhány esetben elvégeztük a kétféle módszerrel (roncsolásos, roncsolásmentes) feltárt üregjellemzők összehasonlító elemzését. A roncsolásos eljárás alkalmazása a forgácsolással feltárt felületek képi kiértékelésén alapszik. A 9. a) ábra példaként egy finomforgácsolt felületet mutat, melyen a piros körrel jelzett terület közepén egy folytonossági hiba is látható. A jobb oldali 9. b) ábra ezen részletet kinagyítva ábrázolja, az itt található anyagfolytonossági hiány metszetének átlagos átmérője 0,71 mm. A 2.3 fejezetben ismertetett szeletelési és képkalkító módszer ilyen módon tehát alkalmas a porozitási üregek adott síkba eső kontúrjának azonosítására.

Az alkatrészről kivágott finomforgácsolási feltárással vizsgált darabról kiválasztottunk három, relatíve nagyobb térfogattal rendelkező fogyási üreget, melyeknek a CT vizsgálati eljárással meghatározott jellemzőit, a szívódási üreg köré írható gömb átmérőjét – d_{ct} , és a szívódási üreg térfogatát – V_{ct} az 1. táblázat ismerteti.

1. táblázat: A kiválasztott szívódási üregek CT eredményeiből kapott értékek

Szívódási üreg jele	Szívódási üreg köré írható gömb átmérője, d_{ct} , mm	Szívódási üreg térfogata, V_{ct} , mm ³
a	0,64	0,07
b	0,52	0,024
c	0,7	0,088

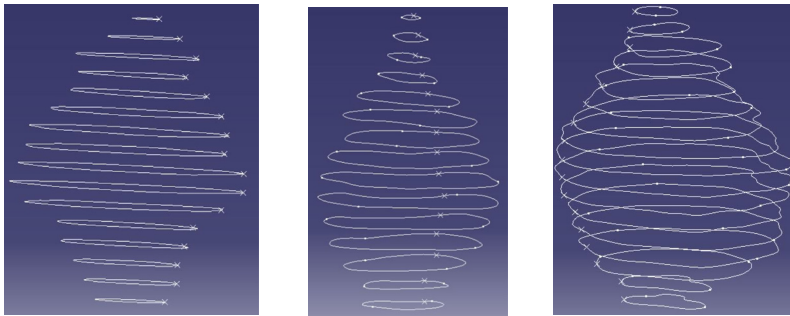
A szekvenciális forgácsolással feltárt felületeken felvettük az adott z koordináta-hoz tartozóan a szívódási üregek x-y kontúrját. Ebből a kontúr seregéből a z irányú lépések függvényében definiálható a szívódási üreg roncsolásos vizsgálattal feltárható alakja. A metszeti síkokban adódó kontúrvonalakból képezhető a szívódási üreg térbeli alakja, majd – egy alkalmas modellterben – meghatároztuk a szívódási üregek felületét, valamint annak jellemzőit, esetünkben a befoglaló gömb d_m átmérőjét és V_m térfogatát. Az eljárás főbb lépései a 10. ábrán követhetők nyomon.

A 2. táblázat ismerteti a három vizsgálatba bevont szívódási üreg visszamodellezése során adódó eredményeket, illetve azok összehasonlítását a roncsolásmentes vizsgálat adataival.

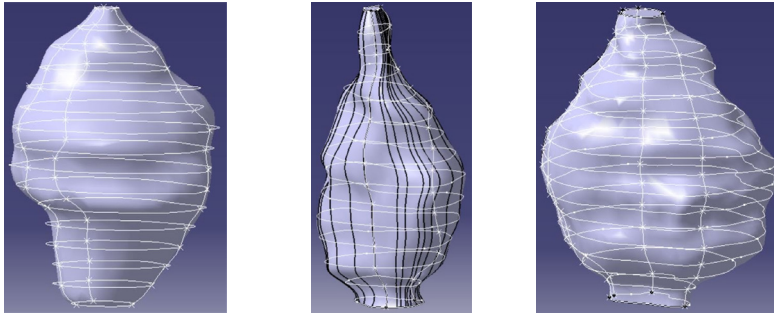
2. táblázat: A kiválasztott szívódási üregek szekvenciális forgácsolás utáni visszamodellezésekből kapott eredményei

Szívódási üreg jele	Szívódási üreg köré írható gömb átmérője, d_m , mm	Δd , %	Szívódási üreg térfogata, V_m , mm ³	ΔV , %
a	0,75	17,2	0,082	17,1
b	0,7	34,6	0,0243	1,2
c	0,80	14,3	0,119	25,0

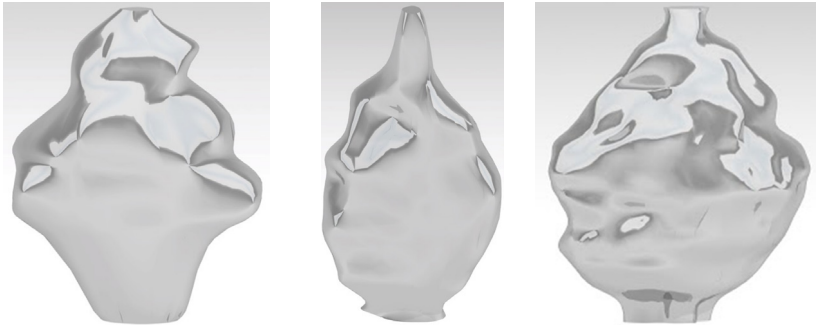
A visszamodellezéses módszer eredményei azt mutatják, hogy a szívódási üregek valóságához közeli alakja – megfelelő szeletelési technika alkalmazásával – eredményesen feltárható. A visszamodellezett szívódási üregekre meghatározott jellemzők és a roncsolásmentes vizsgálati eredmények összehasonlítása alapján azt találtuk, hogy a szekvenciális módszerrel történő feltárás során mind a lunkerek köré írható gömb, mind pedig a visszamodellezett lunkerek térfogata jellemzően némileg nagyobb értékre adódik (a köré írható gömbök átmérője átlagosan 22 %-kal, a visszamodellezett térfogatok pedig átlagosan 14,5 %-kal nagyobbak). Ez az eltérés származhat a kétféle vizsgálati technika mérési pontatlanságából, a képfeldolgozás módszeréből, a szeleteléssel felvett kontúrok meghatározásából, vagy a roncsolásmentes vizsgálat metodikájából. A méretbeli eltérések pontos okainak feltérképezése további vizsgálatokat igényel.



a) kontúrok felvétele és z irányú rendezése (a, b, c jelű – szívódási üregek esetén)



b) felvett kontúrokból a szívódási üregek vélhető geometriájának visszamodellezése



c) kontúrseregekből visszamodellezett szívódási üregek fotorenderelt képe (a, b, c jelű – szívódási üregek esetén)

10. ábra: A porozitási üregek visszamodellezésének folyamata a szekvenciális forgácsolás és képfeldolgozás után

- a folytonossági hibaeloszlás az öntvény középső tartományában nem egyenletes, annak ellenére, hogy a szegmensekben található falvastagságok megegyeznek (a jelenségnek feltehetően öntéstechnológia okai vannak.);
- valószínűsíthető, hogy az öntvény vizsgált felületein 0,4 mm-es lemunkálásnál nem kerül a megmunkált felületre belső hiba;
- 3 mm-t meghaladó lemunkálás esetén nagyobb darabszámú belső hiba felületen történő megjelenésére kell számítani;
- a gyakorisági eloszlás alapján – az egyes felületek megmunkálási igénye ismeretében – a felületre kerülő hiba mennyisége becsülhető;
- a bemutatott visszamodellezés módszerével a szívódási üregek valósághoz közeli alakjai jó közelítéssel meghatározhatók;
- a visszamodellezési eljárással meghatározott szívódási üreg paraméterek mintegy 15-20%-kal nagyobbra adódtak a roncsolásmentes vizsgálattal meghatározott eredményeknél (befoglaló gömb esetén átlagosan 22%, a térfogatok tekintetében átlagosan 14,5% az eltérés).

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Carl Zeiss Industrielle Messtechnik Austria GmbH Magyarországi Fióktelepe munkatársainak a ZEISS Metrotom 1500 berendezésen végzett vizsgálatokért.

Konklúzió

A jelen tanulmányban egy gáztömörégi követelménnyel tömeggyártásban készült, nyomásosan öntött eutektikus összetételű Al-Si öntvény porozitását elemeztük. A vizsgálatokat komputertomográfus és a munkadarab egy kiválasztott részének szekvenciális forgácsolásával végeztük. Elemzésre került a munkadarab teljes térfogatában a porozitások méreteloszlása, egy kiválasztott térfogatrészben a porozitások öntött felülettől számított előfordulási gyakorisága, valamint a roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálattal meghatározott egyedi porozitási alakzatok összevetése. Az elvégzett vizsgálatok alapján az alábbi következtetések vonhatóak le:

- a legtöbb szívódási üreg a darab közepén, a nagyobb falvastagságoknál alakult ki;
- szívódási üregek térfogati méreteinek eloszlása exponenciális közeli jelleget mutat;
- a nagyobb térfogattal rendelkező szívódási üregek a darab nagyobb falvastagságú öntött térrészein keletkeznek;

Irodalomjegyzék

- [1] Weidt, M., Hardin, R. A., Garb, C., Rosc, J., Brunner, R., & Beckermann, C. (2018). Prediction of porosity characteristics of aluminium castings based on X-ray CT measurements. *International Journal of Cast Metals Research*, 31 (5), 289-307.
- [2] Lloyd, G. (2012). Finding a Solution to the Eternal Problem of Porosity in Casting. *Die Casting Engineer*, 40.
- [3] Campbell, J. (2003). *Castings*. Elsevier.
- [4] Campbell, J. (2015). *Complete casting handbook: metal casting processes, metallurgy, techniques and design*. Butterworth-Heinemann.
- [5] Gao, Y. X., Yi, J. Z., Lee, P. D., & Lindley, T. C. (2004). The effect of porosity on the fatigue life of cast aluminium-silicon alloys. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 27 (7), 559-570.
- [6] Couper, M. J., Neeson, A. E., & Griffiths, J. R. (1990). Casting defects and the fatigue behaviour of an aluminium casting alloy. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 13 (3), 213-227.
- [7] Nicoletto, G., Anzelotti, G., & Konečná, R. (2010). X-ray computed tomography vs. metallography for pore sizing and fatigue of cast Al-alloys. *Procedia Engineering*, 2 (1), 547-554.