

Nyomásos alumíniumöntvények porozitásvizsgálata röntgenradiográfiával

Szalay Zsolt*

Bevezetés

Az egyre jobb minőségű alumíniumöntvények előállításában kulcs szerepet tölt be a porozitás mértékének minimális értéken tartása, mivel a porozitás nagymértékben befolyásolja az öntvény, s ezáltal a végtermék minőségét, felhasználhatóságát.

Az alumíniumöntvényekben fellépő porozitás okaként leggyakrabban két jelenség valamelyikét vagy kombinációjukat jelölik meg. Az egyik lehetséges ok az olvadáskor oldott gáz kiválása és megrekedése a kristallitárokra, a másik az ún. zsugorodási üregképződés, amely a szilárdulási folyamat során végbemenő térfogatváltozás következménye [4].

A nyomásos alumíniumöntvényekben kialakuló porozitás mértékét elsősorban befolyásoló technológiai tényezők az alkalmazott öntési eljárás, az öntőszerszám hőmérséklete, a felhasznált adalékanyagok, az öntési nyomás és az öntési atmoszféra [2].

A termékminőség javításának tehát alapvető módja a technológia fejlesztése. A porozításmentes öntvények előállítására azonban még nem képes a mai kor technológiája, ezért az előforduló mikrolunkek és pórusok roncsolásmentes felderítésével, illetve a hibák kezelésével lehet csak biztosítani a felhasználási kritériumoknak megfelelő minőséget. Ehhez a gyártási folyamat korai stádiumában alkalmazható gyors és hatékony minősítő vizsgálatra van szükség. Az általános vagy mintavételszerű roncsolásmentes szűrővizsgálatokon kívül a siker további feltétele a szállítványok széles körű és pontos adminisztrációja [3].

Röntgenradiográfiai vizsgálatok

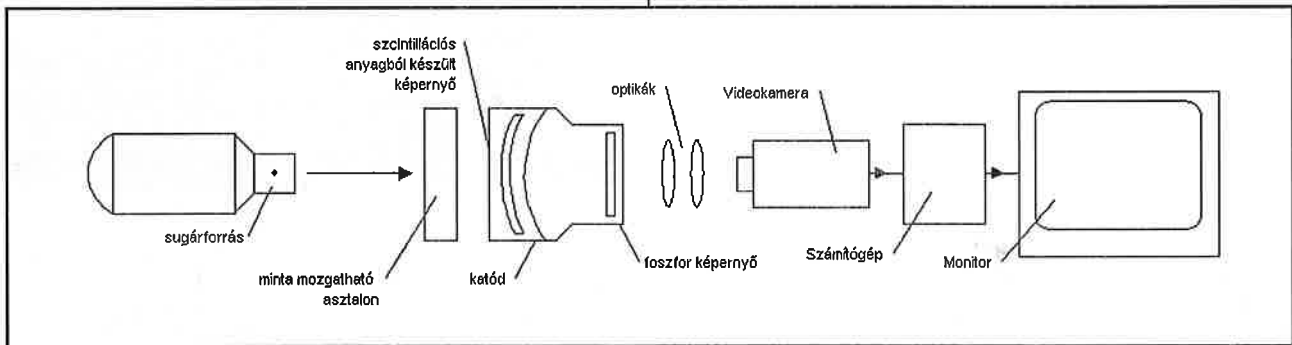
Ismeretes, hogy az átsugárzott tárgy röntgenképe előállításának módja szerint a radiográfiai vizsgálatok két alaptípusát különböztethetjük meg. Az egyik a film- vagy papír-radiográfia, a másik a valós idejű, dinamikus radiográfia vagy radioszkópia. Ez utóbbi legnagyobb előnye, hogy a vizsgálat alatt a minta mozgatható és így a hibák helye és kiterjedése nagyságrenddel hamarabb behatárolható [1]. Az 1. ábra egy tipikus radioszkópos berendezés sematikus felépítését szemlélteti.

A röntgenradiográfiát széles körben alkalmazzák leggyakrabban öntvények és hegesztések minőségének roncsolásmentes vizsgálatára, de alkalmas zárt rendszerek folyadékszintjének vagy helyes alkátrész-elrendezésének ellenőrzése, illetve félvezetők és más elektronikus komponensek hibaanalízisére is [1].

A mérésekhez egy Philips gyártmányú MU 21-FSD típusú röntgenes vizsgálóberendezést használtam. A berendezés sugárforrása, ún. minifókuszos röntgenső, maximális feszültsége: 120 kV, maximális árama: 2 mA. Mint az ismeretes, a röntgenső feszültsége az átvilágítható vastagsággal, míg árama a felbontóképességgel arányos. A beépített számítógépes képelemző rendszer nemcsak a képfeldolgozást, hanem a mintákon távolság- és területmérését is lehetővé teszi.

Mérések és eredmények

Az alapfeladat a nyomásos alumíniumöntvények kritikus részei mikroporozitásának roncsolásmentes felderítése még a megmunkálási



1. ábra. Egy tipikus radioszkópos rendszer sematikus vázlata [1].

Egy a minőségbiztosítást komolyan szem előtt tartó vállalatnál minden öntvény szállítványt azonosítanak a beszállító és a dátum szerint. A megmunkálás során felmerülő minden problémáról tájékoztatják az öntvény gyártóját, hiszen közös érdek, hogy a hiba – a technológia felülvizsgálatát követően – a továbbiakban ne fordulhasson elő.

Ilyen rendszerbe beszállítóként bekerülni sem könnyű. Új beszállító, vagy mintadarab érkezése esetén megszokott az ún. háromlépcsős vizsgálati eljárás. Az első lépcső a mérőszoba, ahol a rajzon levő méretek aprólékos ellenőrzését végzik, majd ezt követi a laboratóriumi vizsgálat, amelynek során az összetétel, a sűrűség, a keménység, a szövetszerkezet stb. kerül kiértékelésre. A harmadik lépcső a darab beépítési próbája, azaz a végleges felhasználói körülmények közötti tesztelése.

Nyilvánvaló, hogy az alumíniumöntvények porozítása mértékének a meghatározása és minősítése a feldolgozás korai stádiumban kiemelt fontosságú feladat. A lehetséges roncsolásmentes módszerek (sűrűségmérés, ultrahangos detektálás, röntgen- ill. neutronradiográfia) közül jelen munkámban az alumíniumöntvényeken a térfogati anyaghiányok kimutatása céljából elvégzett valós idejű röntgenradiográfiai méréseim tapasztalatait mutatom be.

folyamatok megkezdése előtt. Az öntvény kritikus részei a megmunkálások során kialakítandó tömítő- és csúszófelületek környezete. Olyan módszereket keresek, amelyek ipari méretben gazdaságosan képesek a porozitást felderíteni.

A vizsgálatokat GD-AISI12(Cu) típusú (3.298.05) nyomásos öntvényeken végeztem. Az öntvények befoglaló mérete: 100x100x50mm, átlagos falvastagsága: 5-8mm.

Porozitási követelmények

A vizsgált öntvények megengedett porozitását ún. porozitás-osztályokban írják elő. A mintákra vonatkozó porozitás-osztályokat az 1. táblázat rendszerezi. Kivételek megengedése esetén külön dokumentum szabályozza az eljárást. Az előírt porozitás-osztály az igénybevételtől függően felületenként eltérő lehet. A vizsgált öntvények kritikus felületeire előírt megengedhető porozitás a PC0-ás és a PC1-es osztályba tartozik.

1. táblázat. Porozitási kritériumok

Porozitás-osztály	PC0	PC1	PC2	PC3	PC4
max. pórusátmérő mm	0.1	0.4	0.4	0.7	1
min. távolság mm		8	8	15	30
elhanyagolható átmérő mm	<0.1	<0.2	<0.2	<0.4	<0.6
kivétel lehet/nem lehet mm	nem	nem	igen	igen	igen

* Ph.D.hallgató, Mechanikai Technológiai és Anyagszerkezzetani Tanszék, Budapesti Műszaki Egyetem – H-1111 Budapest, Goldmann Gy. tér 3. V2/153 Tel.: (1) 463-2954, email: szalay@rht.bme.hu

A felbontóképesség ellenőrzése

A berendezés felbontóképességét például egy, a mintával azonos anyagból készített, ismert méretű, egyre vékonyodó huzalokból álló huzalsorral lehet ellenőrizni. Az ily módon elkészített huzalsort a minta felületére helyezve a berendezés felbontóképességét a legvékonyabb, a minta anyagától még megkülönböztethető huzal mérete határozza meg.

Egy röntgenes vizsgálóberendezés alkalmazhatóságának határait több egymással összefüggő tényező is befolyásolja; ebből szeretnék egyet kiemelni a tapasztalataim alapján. A készülékre gyárilag megadott felbontóképesség nem jelenti feltétlenül azt, hogy az így megadott felbontóképességnél nagyobb méretű anyaghiány (hiba) fel is ismerhető a képernyőn. Tapasztalataim szerint a mikrolunker mérete (d) és az átvilágított falvastagság (w) hányadosa százalékban kifejezett elnyelési különbség a röntgenképen közel arányos feketedési különbséget okoz, s ez 3-4%-os d/w érték körül már felismerhetetlen.

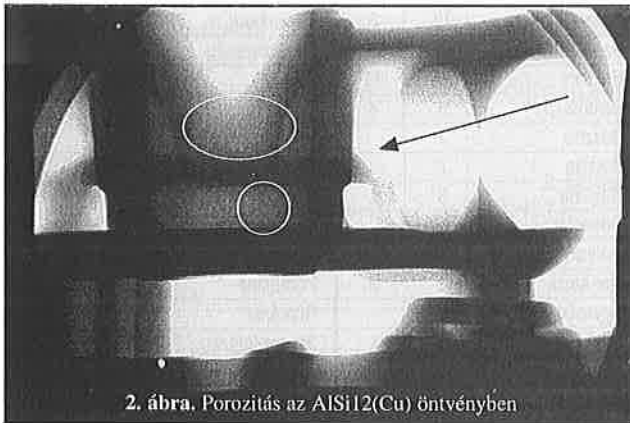
Kvantitatív eredmények

A mintákon három különböző típusú mérést végeztem:

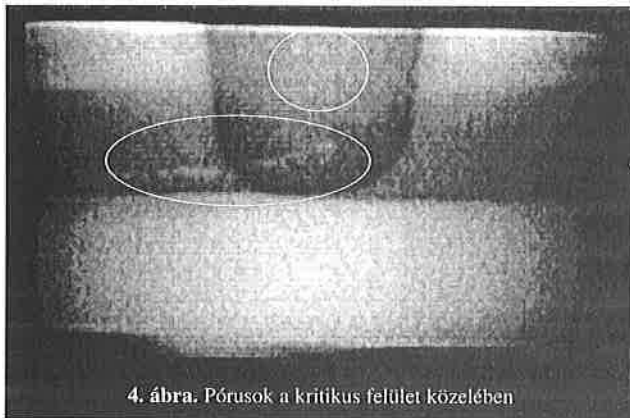
- nyers öntvényen porozítás keresése röntgennel,
- nyers öntvényen talált mikrolunkerek átlagos átmérőjének a meghatározása,
- már megmunkált anyagon felfedezett, szabad szemmel is látható hiba detektálása röntgenes eljárással.

Első lépésként a röntgenberendezés forgóasztalára helyeztem nyers mintákon a minta forgatásával illetve a sugárforrás feszültségének és áramának szabályozásával kerestem mikroüregeket a kritikus felületek közelében. E vizsgáldások során a dinamikus radiográfia (radioszkópia) előnye egyértelműen megmutatkozott. A papír- vagy filmradiográfiát esetleg abban az esetben és módon lehetne nagyüzemben használni, ha a radioszkópiával beállított egy vagy két pozíció a teljes kritikus felület lefedését biztosítja.

Második lépésként a felfedezett mikrolunkerek átlagos átmérőjének meghatározása következett. A kvantitatív méréshez természetesen kalibrálni kell a berendezést. Ez a mintadarab megfelelően beazonosítható része méretének, mint referencia távolságnak a számítógép számára történő megadásával végezhető el. A kísérlet során a nyers öntvényeken mértem meg a még detektálható pórusok átlagos átmérőjét. Az átlagolások után az eredmény 0,55 mm-re adódott, ami messze a gyár által a készülékre megadott felbontóképesség fölött található. A 2. illetve a 3. ábra szemlélteti a porozítás detektálásának lehetőségét röntgenes módszerrel.



2. ábra. Porozítás az AISi12(Cu) öntvényben



4. ábra. Pórusok a kritikus felület közelében

A 4. ábrán látható felvétel a megmunkált mintadarabon elvégzett mérés közben készült. A képen látható üregesedés a minta felső edényszerű, sötétebb árnyalatú része és az alatta található hengeres rész kapcsolódásánál, a hengeres rész megemelkedett felében található. Az 5. ábrán a minta csaknem teljes méretében látható (a számszor kb. 5 mm magas). A fehér ellipszisekkel jelölt részekon mikropórus-feldúsulás figyelhető meg. Az átvilágított falvastagság ez esetben kb. 3 mm.

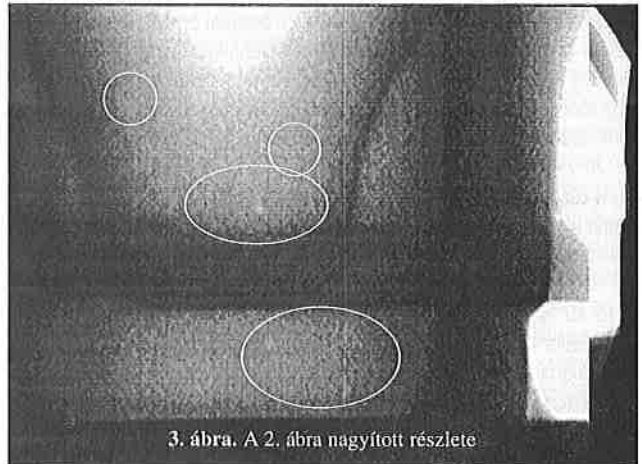
Végül a már megmunkált mintadarabon is végeztem méréseket. A megmunkált mintadarab kritikus felületén egy, szabad szemmel jól látható, kb. 0,6 mm átmérőjű pórus helyezkedett el. Annak ellenére, hogy pontosan ismertem a hiba pozícióját, elhelyezkedését, röntgenes eljárással ezt a pórust nem lehetett láthatóvá tenni a képernyőn, mivel a besugárzás irányú mérete szerint a d/w értéke kb. 3%. Ez utóbbi mérés által is igazolódni látszik a felbontóképesség vizsgálata során tett megállapítás, hogy csak azok a térfogati anyaghiányok – pórusok, zárványok – mutathatók ki biztonsággal, amelyeknek d/w értéke nagyobb 3-4%-nál.

Összefoglalás

Az eredmények kiértékelése alapján megállapítható, hogy a röntgenes módszer szemléletes, könnyen érthető és jól kezelhető. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a konkrét esetre vonatkozó követelményeket figyelembe véve nem ez a megfelelő módszer a nyomásos alumíniumöntvények mikroporozitás-hibáinak felderítésére sem ipari, sem laboratóriumi körülmények között. A röntgenes vizsgálóberendezések alkalmazhatóságának határait nem csupán a készülékre megadott elméleti felbontóképesség határozza meg, hanem a keresett hibaméret falvastagsághoz viszonyított relatív mérete is befolyásolja az elegendő kontrasztkülönbség létrejöttét, s ezáltal a hibák eredményes felderítését is.

Irodalom

1. Greene, (1989): „Radiographic Inspection” ASM Metals Handbook Vol. 17.
2. M.R. Ghomashchi and K.N. Stratford, (1993): „Factors influencing the production of high integrity aluminium/silicon alloy component by die and squeeze casting process”, Journal of Materials Processing Technology, 38. pp. 303-326.
3. Halmshaw, (1987): „Nondestructive Testing”, Edward Arnold Publishers
4. Zs. Szalay, (1998): „Porosity examination of aluminium alloy castings” Gépészet 98 konferencia, Budapest
5. Standard Practice for Radioscopic Examination of Castings. Annual Book of ASTM Standards Vol. 03. 03 E1734-95



3. ábra. A 2. ábra nagyított részlete



5. ábra. Mikroporozítás