Analyse van defecten in voorwerpen

28 november 2014, 01:00
Kurt Beghyn

Omdat de aanwezigheid van porositeiten in voorwerpen tot sterkteverliezen leidt, is de opsporing en analyse ervan in vele gevallen noodzakelijk. Dit eerste deel van een tweedelige reeks overloopt mogelijke technieken en gaat nader in op micrografie en radiografie.

Tegenwoordig staan er verschillende technieken ter beschikking om geproduceerde voorwerpen te controleren op mogelijke interne fouten. Omdat de meeste objecten niet transparant zijn, komt een visuele controle niet in aanmerking. Aan de hand van gietstukken worden verschillende beschikbare technieken vergeleken. Drie ervan worden nader geanalyseerd: micrografie, radiologie en computertomografie. In deze bijdragen wordt specifiek gefocust op hogedrukgietstukken, omdat hiervoor verschillende recente publicaties voorliggen. De meeste technieken zijn ook bruikbaar voor voorwerpen uit andere materialen, waarbij de typische kenmerken en beperkingen onverkort van tel blijven.

In onderstaande tabel worden verschillende gangbare technieken om interne holten op te sporen vergeleken. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen microporositeiten en macroholten. De rubriek 'correlatie' ('Korrelation') heeft betrekking op het feit of er een verband kan gelegd worden tussen de grootte van de fout, zoals ‘zichtbaar’, met de betrokken techniek en de bijhorende (verminderde) mechanische eigenschappen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een mogelijke analyse van het volledige object (‘Volumen’), een deelvolume (‘Bereiche’) en een oppervlak (‘Oberflache’).

Een belangrijk aspect komt in de tabel niet aan bod, met name de reproduceerbaarheid van de analysetechniek. Elke testmethode zou bij herhaling door verschillende personen of met andere apparatuur tot hetzelfde resultaat moeten leiden. Zo vermeldt de tabel enkele technieken die geen ‘hard-copy’-resultaat opleveren, maar steunen op een menselijke beoordeling, wat de reproduceerbaarheid sterk hypothekeert. Voorbeelden zijn visuele inspectie (zie eerdere Techniline-bijdragen) of ultrasone en wervelstroomtechnieken.

Micrografie

Micrografie bestaat erin een sectie uit een voorwerp te nemen en verder langs microscopische weg te onderzoeken. In geval van breuken kan men zo de structuur in de omgeving ervan analyseren. Hairy (2007, deel 1) heeft deze techniek toegepast op interne defecten in hogedrukgietstukken uit aluminium. Het leeuwendeel van deze stukken zijn voor de autoproductie bestemd (90 procent).

De onderstaande figuur links toont een voorbeeld. Om de fout te kwantificeren en objectief te kunnen analyseren, dient men het beeld te digitaliseren en verder te verwerken met beeldanalyse. De figuur onderaan rechts toont het resultaat. Elke geselecteerde caviteit wordt in een afzonderlijke

kleur afgebeeld.



(Bron: Hairy 2007, deel 1)

Door twee gepaste vormfactoren te kiezen (‘tortuosity’ en ‘aspect ratio’), kunnen drie optredende types van interne fouten onderscheiden worden (zie onderstaande figuur). Dit onderscheid verdwijnt eens de afmetingen van de fouten te klein worden (< 50 µm). Een potentiële foutenbron vormt het omzetten van de foto naar de digitale selectie, omdat de mens hierbij een grijswaarde moet ingeven (0 – 255) die een onderscheid maakt tussen gaaf materiaal en defect. Omdat metallografische secties in regel contrastrijke beelden opleveren, is dit probleem bij deze techniek beperkt.



(Bron: Hairy 2007, deel 1)

Het is belangrijk om aan te stippen dat de plaats van de sectie de grootte van de fout sterk kan beïnvloeden. Onderstaande figuur illustreert dit; de sectie links en rechts van hetzelfde gietstuk liggen slechts 0,1 mm van elkaar, maar tonen een aanzienlijk verschil in de intensiteit van de fout.



(Bron: Hairy 2007, deel 2, figuur A)

Blijft de vraag of het mogelijk is om aan de hand van de porositeiten gemeten met beeldanalyse op een micrografie, de totale volumetrische porositeitswaarde te berekenen. Hairy en medewerkers hebben dit onderzocht middels simulatietechnieken en komen tot een foutmarge van ± 30 procent, indien men zich baseert op 1 sectie. Met deze foutmarge is men enkel in staat om de grootteorde te schatten van de ware volumetrische defecten.

Schindelbacher (1993) gebruikte de micrografie om de invloed van de porositeit op de mechanische eigenschappen van een aluminiumlegering te kwantificeren. Na de trekproef werden in de omgeving van de breuk 25 secties in langsrichting en 15 secties in dwarsrichting van elke proefstaaf systematisch geanalyseerd. Ondanks deze fenomenale arbeid moest de auteur zijn toevlucht nemen tot zes porositeitsklassen om de mechanische eigenschappen (treksterkte R_m, vloeigrens $R_{p0,2}$, verlenging en vermoeiingssterkte) te relateren aan de hoeveelheid porositeiten. De statische eigenschappen konden wel kwantitatief geplot worden in functie van de ‘porie-morfologie-parameter’ P_m



met S_{max} de maximale afmeting van een porie en NA het aantal poriën per vlak (zie onderstaande figuur).



(Bron: Schindelbacher, 1993)

Radiografie en radioscopie

Bij radiografie wordt een voorwerp doorstraald met X-stralen, waarbij het resultaat op film wordt vastgelegd. Bij radioscopie is de film vervangen door een detector die het resultaat toont op een monitor (zie onderstaande figuur). In beide gevallen treedt een min of meer wazig beeld op van de gietfouten, waarbij de radiografie scherpere beelden oplevert dan radioscopie. Voor radiografie bestaan er voor sommige materialen normen met referentiebeelden, voor radioscopie zijn deze niet voorhanden.



(Bron: Hairy 2007, deel 2)

Om de fout te kunnen objectiveren is ook hier een digitalisatie van het beeld vereist. De menselijke definitie van de drempelwaarde heeft hier veel meer impact op het resultaat. De onderstaande figuur toont links het originele radioscopiebeeld. In het beeld ernaast is het contrast digitaal vergroot met Adobe Photoshop. Aan de rechterzijde worden twee beelden getoond, waarbij de gekozen drempel voor de grijswaarde lichtjes verschilt. Voor het linkse gekleurde beeld werd een drempelwaarde van 183 gekozen, rechts 185 (schaal 0-255). Toch geeft dit kleine verschil in drempelwaarde 10,5% en 15,7 % porositeiten (resp. links en rechts).



(Bron: Hairy 2007, deel 2)

Omdat radiografie en radioscopie een superpositie maken van de fouten aanwezig in verschillende vlakken, kan men niet verwachten een nauwkeurig verband te vinden met de aanwezige fouten in slechts één enkel vlak (micrografie). Daarenboven zijn de kleinste microcaviteiten niet (altijd) zichtbaar op een radiografisch beeld. Zo zijn de fouten in figuur A binnen de rode omlijning niet zichtbaar op de X-straalbeelden. Men kan bijgevolg besluiten dat nauwkeurige correlaties tussen defecten op X-straalbeelden en de mechanische eigenschappen niet te verwachten zijn.

In het tweede deel van deze reeks over foutendetectie en -analyse zal computertomografie worden besproken. Belangrijk is te weten of er een meetbaar verband bestaat tussen de grootte van de waargenomen fout en de mechanische eigenschappen.

Bronnen

- Hairy P., “Quantification of defects in pressure die casting (part one) Analysis on micrograph and fractal dimension of shrinkage cavities” Fonderie 2007 nr. 265 Mai pp. 12-25.
- Hairy P., Granereau F., Menard R., “Quantification of defects in pressure die casting (part II) Analysis by radioscopy” Fonderie 2007 nr. 267 Aug. pp. 11-23.

- Schindelbacher G., “Einfluß unterschiedlicher Porosität auf die mechanischen Eigenschaften der Legierung GD-AlSi9Cu3” Giesserei-Praxis 1993 nr. 19 pp. 381-392.
- Wendt H., Sülflow F., Eisenberg S., „Methoden zur Porositätsprüfung an Gußteilen – Beurteilung unterschiedlicher Verfahren“ Giesserei vol. 89 2002 nr. 9 pp. 46-50

Auteurs



Kurt Beghyn