Berekening van vermoeiingssterkte nodulair gietijzer

18 september 2015, 02:00

Kurt Beghyn

Eenvoudige formules laten toe om de vermoeiingsgrens van nodulair gietijzer nauwkeurig in te schatten op basis van de treksterkte. Dit is interessant omdat in de praktijk de vermoeiingsgrens de levensduur van een component bepaalt.

Nodulair gietijzer wordt voor vele componenten ingezet waarbij veiligheid belangrijk is. Omdat de meerderheid van structuren uiteindelijk faalt als gevolg van vermoeiing, is de kennis van de vermoeiingssterkte meer relevant dan deze van de statische mechanische eigenschappen, zoals de treksterkte of de verlenging. De vermoeiingsgrens ($?_A$ 'endurance limit') wordt afgeleid uit een Wöhler-curve. Deze Wöhler-curve geeft het verband tussen de toelaatbare spanningsamplitude en het aantal cycli tot breuk. Helaas is de opstelling van een Wöhler-curve een tijdrovende procedure, omdat meerdere proefstukken moeten belast worden, waarvan sommige tot 10 miljoen cycli.



Wöhler-curve voor staal en gietijzer (schematisch, R spanningsverhouding)

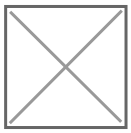
Relatief eenvoudige berekening

Om de omslachtige procedure voor de opstelling van een Wöhler-curve te omzeilen, poogt men al sinds de eerste Wöhler-vermoeiingstesten (zo'n 140 jaar geleden) de curve af te leiden uit statische mechanische eigenschappen. Recent hebben Duitse onderzoekers [1] voor nodulair gietijzer hiertoe een aantal vergelijkingen opgesteld waarmee $?_A$ en N_A relatief eenvoudig kunnen berekend worden.

De vermoeiingsgrens $?_A$ wordt gegeven door



met R_m de treksterkte, R de spanningsverhouding (min. spanning / max. spanning tijdens cyclische belasting) en M de gemiddelde spanningssensitiviteit van de legering. Afgezien van M bevat bovenstaande vergelijking geen materiaalspecifieke constanten. Voor nodulair gietijzer geven de auteurs



Tenslotte geldt voor het aantal cycli N_A



met E de elasticiteitsmodulus.

Bovenstaand model werd nu getoetst aan de hand van de Wöhler-vermoeiingstesten gepubliceerd door Stets en Sobota [2]. De onderstaande figuur toont als voorbeeld uit dit onderzoek de Wöhler-curve voor ferritisch nodulair gietijzer.



(Klik om te vergroten)

Stets en Sobota hebben niet enkel gaaf nodulair gietijzer onderzocht, maar ook materiaal met diverse onvolkomenheden, zoals geïllustreerd in onderstaande tabel.

No	Material	R_m, MPa
1	SGI-400 WB, base material	385
2	SGI-400 GZ, base material	401
3	SGI-700 GZ, base material	678
4	SGI-400, reduced nodularity (61%)	421
5	SGI-400 WB, 1.0% intercellular graphite	387
6	SGI-400 WB, 1.2% intercellular graphite	398
7	SGI-700, 1.3% intercellular graphite	650

8	SGI-400, with cell border carbides	401
9	SGI-700, with cell border carbides	618

Voor de elasticiteitsmodulus E nemen de auteurs [1] de waarde 170 GPa, wat geoorloofd is aangezien deze waarde voor nodulair gietijzer slechts varieert tussen 169 en 176 GPa [3]. In overeenstemming met de metingen [2] wordt R -1 genomen. Toepassing van de vergelijkingen geeft voor nodulair gietijzer onder vermelde waarden (gemeten waarde / *berekende waarde*). Voor de vermoeiingsgrens $?_A$ is de overeenstemming zeer goed, voor N_A is de spreiding groter. Een belangrijke verdienste van de formules schuilt in het feit dat de vermoeiingsgrens niet alleen goed berekend wordt voor gezonde nodulaire gietstukken, maar dat de berekening intact blijft wanneer onvolkomenheden in het gietijzer aanwezig zijn.

No	N_A, 10^6	$?_A$, MPa
1	3.6 / *3.0*	171 / *172*
2	3.6 / *2.5*	182 / *179*
3	2.6 / *0.3*	234 / *235*
4	1.2 / *2.1*	194 / *182*
5	5.5 / *2.9*	175 / *173*
6	1.8 / *2.6*	185 / *174*
7	1.1 / *0.4*	241 / *235*
8	2.3 / *2.5*	174 / *173*
9	0.8 / *0.5*	219 / *227*

Bronnen

[1] H. Stroppe, R. Bähr, "Calculating the fatigue strength of ductile iron from tensile tests" Int. Foundry Research, no. 1, 2015, 10-12.

[2] W. Stets, A. Sobota, "Einfluss von Gefügeabweichungen auf die Werkstoffeigenschaften von Gussteilen mit Kugelgraphit" Giesserei, vol. 93, 2006, no. 4, p. 26-46.

[3] European Standard EN 1563 "Founding - Spheroidal graphite irons"

Auteurs



Kurt Beghyn