

(523)

構造用厚肉球状黒鉛鑄鉄の破壊靱性

日本大学生産工学部 ○森 康彦 東京大学工学部 岸 輝雄、梅田高照
新日本製鉄(株)プラント事業部 桜井大八郎

1. 緒言 近年、球状黒鉛鑄鉄が比較的小型な構造部品ばかりでなく、たとえばロールスタンドあるいは原子力廃棄部品(CASK)など、高い信頼性が要求される大型厚肉部品などにも適用される例が増してきた。厚肉化につれ、凝固時間が増し、黒鉛は粗大化したり、はなはだしく球状化が阻害され、製品の機械的諸特性に影響をおよぼす場合も予測される。本報では、厚肉鑄造品の適用対象の一つとして容器を想定し、これを試験鑄造し、製品の重要な基礎的な特性値である強度、靱性を特に厚さ方向について調査し、さらに弾塑性破壊靱性 J_{IC} に注目して各種 J_{IC} 評価法について検討を行ない、黒鉛の大きさ、球状化率の J_{IC} におよぼす影響を検討した。

2. 実験方法 厚さが450mm、外径 2700mm、外高2600mmの円筒形容器を鑄造した。後述の各種試験の試料は、容器壁高さのほぼ真中で、外壁から厚さ t の 1/4 t , 2/4 t , 4/3 t の部分より採取した。各部位での化学成分を Table 1 に示す。機械的性質について、硬さ試験、引張試験、シャルピー衝撃試験を行なった。弾塑性破壊靱性 J_{IC} 試験は、厚さ25mmのコンパクト試験片(荷重線方向が板厚方向)を用い、単一試験片による除荷コンプライアンス法(ASTM E813, 以下入法という)およびAE法(JSME S001)、さらに複数試験片によるR曲線法による J_{IC} 評価を検討した。なお、入法を行なうにあたり、疲労によりコンプライアンス-き裂長さの校正曲線を求めた。

Table 1. Chemical composition of samples.(wt%)

Location*	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mg
0 t	3.70	2.13	0.24	0.026	0.003	0.40	0.037	0.011	0.072
1/4 t	3.70	2.14	0.24	0.024	0.004	0.40	0.036	0.011	0.072
1/2 t	3.70	2.13	0.24	0.018	0.005	0.40	0.036	0.012	0.071
3/4 t	3.70	2.15	0.23	0.016	0.003	0.40	0.033	0.011	0.065
4/4 t	3.70	2.14	0.24	0.022	0.003	0.39	0.037	0.012	0.072

* measured from outer surface of wall(wall thickness,t)

Table 2. Mechanical properties and microstructures for samples tested.

Location	Mechanical properties							Microstructure			
	0.2% Proof stress $\sigma_{0.2}$, kgf/mm ²	Tensile strength σ_B , kgf/mm ²	Elongation δ , %	Reduction in area ϕ , %	Brinell hardness HB	Elastic modulus E, kgf/mm ²	Poisson's ratio ν	Absorbed energy νE , kgf-m/cm ²	Ferrite content F, %	Nodularity n, %	Module diameter d, μ m
x- 0 t					133				100	90	65
x-1/4 t	25	38	23	22	117	15000	0.28	2.3	100	90	90
x-2/4 t	24	39	19	18	126	15000	0.28	2.45	90	80	110
x-3/4 t	24	35	10	9	118	15000	0.28	2.6	90	70	150
x-4/4 t					131				100	80	120

3. 実験結果 Table 2 に試験した機械的性質の諸量と顕微鏡画像解析の結果を示す。強度、靱性は厚さ方向に対するものである。Fig. 1に入法で評価したき裂進展量によるR曲線と複数試験片によるR曲線の結果を示す。入法による J_{IC} が複数試験片のそれより大きい値となったのは、き裂が試験片板厚方向に不均一に進展し過少評価したためと考えられる。Table 3 には、 J_{IC} およびR曲線の傾きで示される延性破壊抵抗 $T_J (= (dJ/da)(E/\sigma_{0.2}^2))$ を示す。以上の結果より、厚さ方向のいずれの部位でも強度、靱性、破壊靱性は許容欠陥から考えて実用上十分な値が得られているものと結論できる。しかし、部位3/4 t では他にくらべ延性、特に伸び、絞りが低く、一方 J_{IC} は高く、 T_J は低い値を示している点は検討の余地がある。また黒鉛の大きさと球状化の程度が破壊靱性を支配する因子であることが、破面との対応からもうかがわれた。

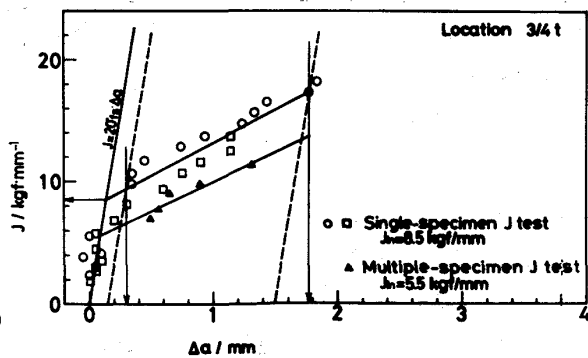


Fig. 1. Comparison of R-curves obtained by two methods.

Table 3. Summary of J_{IC} tests.

Location	Method	J_{IC} (kgf/mm ^{3/2})	T_J
1/4 t	Compliance	5.3	165
	Compliance	8.5	140
3/4 t	Multiple-specimen	5.5	125