

(549) 304 ステンレス鋼のクリープ微小粒界き裂の伝ばに対するJ積分の適用可能性

京都大学工学部

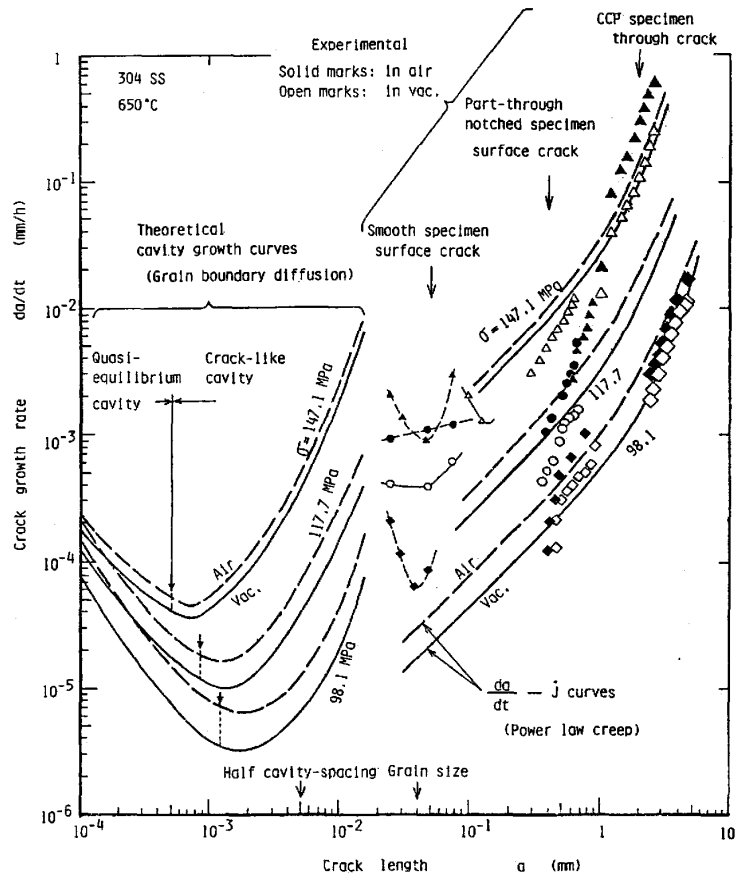
大谷 隆一

1. 緒言 今まで、延性に富む鋼のクリープにおける巨視貫通き裂の伝ば速度の支配力学量としては、べき乗則クリープに関するJ積分が有力であることを示してきた。本研究では、このクリープJ積分が1ないし数結晶粒界ファセットの範囲で伝ばする平滑枝の微小き裂の速度に対しても適用できるかを検討した。用いた試験材料は SUS 304 HS (平均結晶粒径 40 μm), 試験温度は 650°C, 大気中および真空中 (10⁻³ Pa), 負荷応力は 147.1, 117.7, 98.1 MPa, 破断時間は 100~2500 h である。いずれの場合も破面には 1~数 μm のキャビティが約 10 μm の間かくて分布しているが、1粒界ファセット以上の長さにはくまび形き裂として伝ばした。かつ、これら微小き裂は試験片表面において認められた。¹⁾

2. 結果 得られた結果を下図に示す。(1)き裂長さが 1mm以上の巨視貫通き裂 (CCP) および 0.1~1mmの表面き裂 (微小表面切欠き枝) については、べき乗則に関するクリープJ積分が支配力学量として適用できる。これらは大気中と真空中とでクリープ速度の相違による程度の差があるが、その差はわずかである。(2) 0.025 (1粒界ファセット) ~ 0.1 mm の範囲の微小表面き裂 (平滑枝) についても、クリープJ積分とかなりよい対応が得られる。(3) ただし、低応力の場合には巨視き裂に関する da/dt-j 関係から予想される伝ば速度より数倍~十倍程度大きい。特に、1ないし2粒界ファセットの初期伝ば過程においては、伝ば速度が加速される傾向が認められ、これは上記のクリープJ積分では説明できない。

(4)最近、粒界拡散によるクリープキャビティ成長に関するモデルが盛んに提案されている。そのうち、Chen & Argon²⁾によるキャビティ成長理論にもとづく計算結果を図の左方 (キャビティ半径 10⁻⁴~10⁻² mm) に示した。これによると、本材料の上記試験条件下では、拡散支配の準平衡キャビティは 1 μm 以下の大きさであり、それ以上の大きさではき裂状キャビティとなり、成長にともなってマトリックスのクリープ支配形に移行する。(5)高応力下ではキャビティ半径 a がキャビティ間かくの半分に到達したときに1粒界ファセットの破壊が生じ、それ以後はくまび形き裂として巨視き裂と同様、べき乗則のクリープJ積分によって支配される。(6)低応力下ではキャビティ周辺の拡散域の大きさが大きくなるから (σ=147 MPa のとき 1.3 μm, 98 MPa のとき 3.6 μm)

(3)に述べた 1~数粒界ファセットのき裂伝ばに対しても粒界拡散の影響が大きいと判断される。文献 1) 大谷, 中山, 第20回高温蠕変, 材料学会 (BB57), 45. 2) H.W. Chen and A.S. Argon, Acta Met., 29 (1981), 1759.



Growth rate for macrocracks, microcracks and cavities in an 304 stainless steel at 650°C creep.