ステンレス鋼SUS304における応力腐食割れのモンテカルロ・シミュレーションとき裂発生条件および合体条件の影響

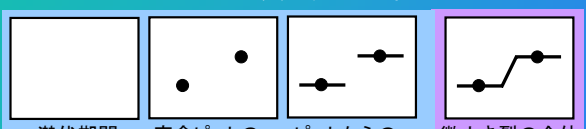
学 ○ 鈴木 洋光（静岡大院） 正 東郷 敬一郎（静岡大工） 正 島村 佳伸（静岡大工）
中山 元 （IHI） 平野 隆 （IHI）

研究目的

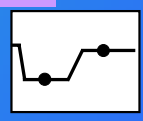
・応力腐食割れ(SCC)のモンテカルロ・シミュレーションの開発
・シミュレーション結果に及ぼすき裂発生条件と合体条件の影響の考察

SCC過程のモデル化

き裂の発生過程



モデル化



定常き裂進展・合体

微小き裂の発生

微小き裂発生の累積確率

$$F_i(t)=1-\exp\left\{-\frac{(t-a_i)}{\theta}\right\}=1-\exp\{-H_i(t)\}$$

a_i, θ_i：材料・作用応力・環境に依存するパラメータ

＋微小き裂の合体

・結晶粒寸法の粒界き裂が引張応力方向にほぼ垂直に発生すると仮定
・指数乱数により各き裂に発生時間を与え，発生時間の短いものから発生

最大発生可能き裂数

$$N_{\max}=\frac{\text{Simulation area}}{\text{Average grain area}}$$

発生：Poisson確率過程

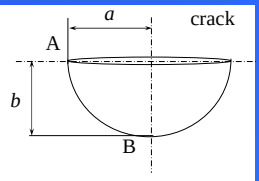
時間：指数乱数
場所：一様乱数
長さ：正規乱数

合体：K_I（σ, a）
成長：K_I（σ, a）
確定的過程（破壊力学）

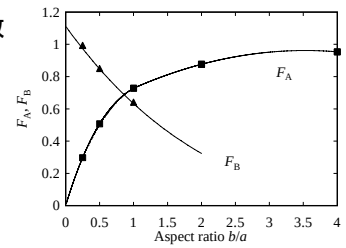
応力拡大係数

$K_{IA}=F_A\sigma_0\sqrt{\pi a}$ at point A

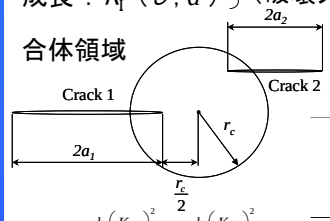
$K_{IB}=F_B\sigma_0\sqrt{\pi b}$ at point B



修正係数

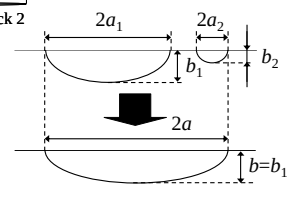


合体領域

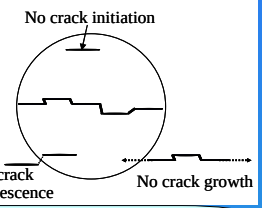


$$r_c=\frac{k}{\pi}\left(\frac{K_{IA}}{\sigma_{ys}}\right)^2_{crack\ 1}+\frac{k}{\pi}\left(\frac{K_{IA}}{\sigma_{ys}}\right)^2_{crack\ 2}$$

合体後の寸法



既存き裂のよる応力解放

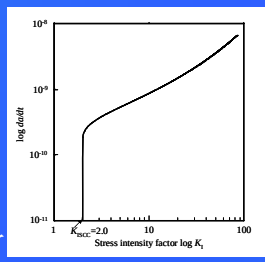


シミュレーションの設定

解析領域：20mm×20mm正方形領域
平均粒径：0.08mm
発生可能き裂数：62500個
降伏応力：162MPa
作用応力：200MPa
き裂発生位置：[0,20]一様乱数
き裂発生長さ：正規乱数
平均：0.08mm 標準偏差：0.03mm
最大き裂長さが10mmを超えた時点で終了

シミュレーションはそれぞれ15回行う

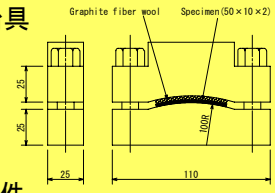
き裂進展特性

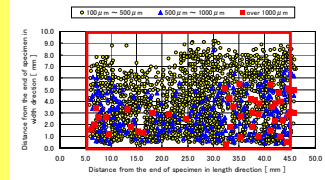


CBB試験

100μm以上のき裂が多数分布

試験治具





96時間経過後のき裂分布

試験条件

Material	Type 304 SS (C>0.05%)
Heat Treatment	700℃/2hr + 500℃/24hr
Test condition	288℃, DO= 8ppm, Graphite wool crevice
Testing Time	24hr, 48hr, 96hr
Strain	1%

固定部付近はき裂が発生しにくいので解析対象は10mm×40mm

シミュレーション結果

k→大，飽和状態のき裂数→少

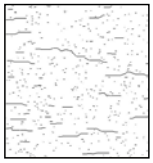
k→大，成長速度→大

k→小，長寿命・ばらつき→大

合体領域 $r_c=\frac{k}{\pi}\left(\frac{K_{IA}}{\sigma_{ys}}\right)^2_{crack\ 1}+\frac{k}{\pi}\left(\frac{K_{IA}}{\sigma_{ys}}\right)^2_{crack\ 2}$

最大き裂を含む10mm×10mmのき裂分布図
（最大き裂長さが5mmを超えた時間）

k=0.25, high (504hr)　k=0.5, high (230hr)　k=1.0, high (143hr)



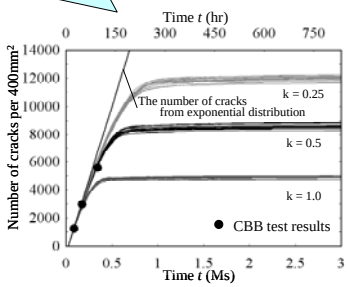
k=0.5, low (459hr)

き裂発生速度

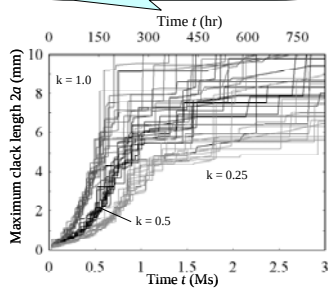
$$F_i(t)=1-\exp\left\{-\frac{(t-a_i)}{\theta}\right\}=1-\exp\{-H_i(t)\}$$

High（CBB試験）
a_i=0.0258, θ_i=2.97
Low a_i=0.3, θ_i=34.54

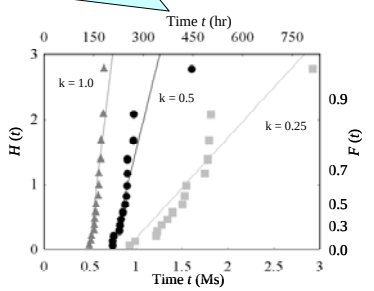
最大き裂長さ5mmを寿命として整理



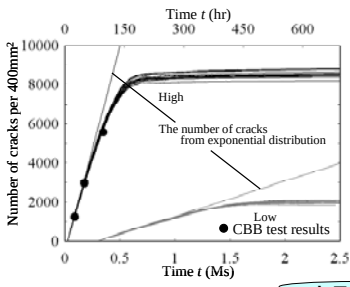
時間ーき裂数の関係

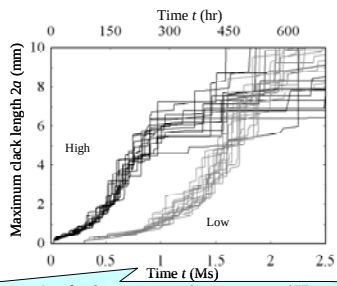


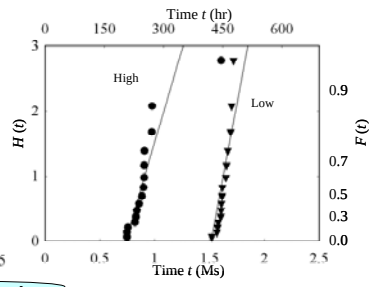
時間ー最大き裂長さの関係



寿命分布







き裂発生速度→小，進展の影響→大

結言

・合体領域が大きいほどき裂の成長が早く，短寿命側になる
・き裂発生速度が速いほどき裂の発生・合体が，遅いほど進展が支配的