

405 3点曲円周切欠付小型丸棒引張試験による極低温用鋼の 7 Kでの破壊靱性

核融合科学研究所
カールスルーエ研究所

西村 新、佐藤定男、
Arman Nyilas

Fracture Toughness of Cryogenic Structural Materials
using Small Round Bar with Circumferential Notch
by A. Nishimura, A. Nyilas, and S. Satoh.

1. はじめに

すべてのコイルを超伝導化した大型ヘリカル装置の建設が進められているが、巨大な電磁力を支持する極低温構造物において、その破壊靱性を評価することが構造物健全性を評価する上で重要である。従来から用いられているASTM E813-89では、試験片板厚についての制限から、局所的な破壊靱性や薄板などの破壊靱性を求めることが困難であること、極低温下特有のセレーシヨンの効果が不明であること等の問題があり、J.R. Rice等が提案したJの簡便評価法¹⁾によって、円周切欠を有する小型引張試験片によって極低温下での破壊靱性を評価することを試みた。

2. 供試材料および実験方法

供試材料は冷間引き抜き加工によって作製されたSUS 316丸棒（直径10mm、316RBシリーズ）及び約700ppmの窒素を添加した板厚75mmのSUS316鋼（3-7KBシリーズ）で、Fig.1に示すような円周切欠付きの丸棒引張試験片を引き抜き方向もしくは圧延方向から切り出し作製した。円周切欠は放電加工により挿入し、切欠幅を0.1mm、0.16mm、0.26mmと変化させた。また、試験片直径に対する実断面直径の比率は約0.3とした。試験片平行部に、ゲージ長が8mmの変位計を切欠をまたぐように2個向かい合わせに取り付け、それらの平均値を変位とした。J評価試験（J Evaluation on Tensile Test, JETT）はカールスルーエ研究所の機械試験装置（油圧制御式、MTS model 810、荷重容量±25kN）を用いて行った。この装置にはヘリウムガス冷却式のクライオスタットが取り付けられており、約7Kでの機械試験を行うことができる。Stroke rateは0.2mm/sを、Sampling rateは66.6Hz/channelを標準とした。

3. 実験結果

316RBの結果をFig.2に、316板材の結果をFig.3に示す。これらの図の横軸は切欠部の変位から弾性分を差し引いて求めた、切欠の存在によって生じる変位成分である。ほとんどの試験片で明らかなセレーシヨン（不連続な変形）が認められる。20mm/sの高速で引っ張るとセレーシヨンが見られなくなり、明らかなネッキングが生じる。（316RB3-1）これは実断面部分の温度上昇によるためである。図中には最大荷重点を矢印で示すが、多くの場合、破断荷重と最大荷重の比（ P_f/P_{max} ）は0.95以上である。最大荷重後わずかに荷重低下を生じる場合、ネッキング中でも切欠の鈍化は進行するため、 P_f/P_{max} が0.95以上を有効と考えることにした。また、セレーシヨンが発生した場合、破断はセレーシヨン発生後に生じるため、限界のJはセレーシヨンに大きく依存することになる。そこで、セレーシヨンが発生し、かつ P_f/P_{max} が0.95未満となった場合、次のようにして限界のJを評価した。一例として3-7KB3の結果をFig.3に示す。最大荷重後の、最大荷重の95%の荷重レベル近傍の、 $0.95P_f$ 以上での実験点の変

位 (d_c^*) を求める。最大荷重時の変位 (d_{cmax}) がこの d_c^* に対して 0.8 以上の場合には、この d_c^* での J を限界の J として採用する。JETT による J の評価フロー図を Fig.5 に示す。ASTM E813-89 に準拠して CT 試験片を用いて行った結果と JETT の結果を比較して Fig.4 に示す。JETT はき裂鈍化曲線を直接実験的に求め、そこから離れ始める点を限界値と考えようとするもので、E813 での結果と良く対応していることがわかる。ただセレーションの発生のため、評価される限界の J は分散する結果となる。発表ではこれらの材料の他、国際熱核融合実験炉 (ITER) 用コンジットの候補材料の結果についても報告する。

本研究を遂行するにあたりご協力頂いた日立製作所の関係各位に謝意を表す。
参考文献：1) J.R. Rice et al., ASTM STP 536, (1973) p231.

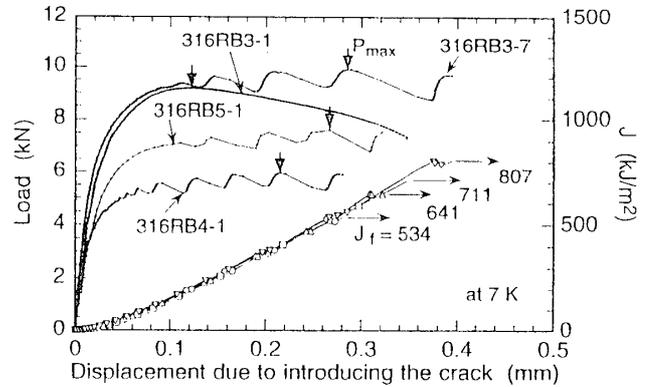


Fig.2 Change in load and J against displacement due to introducing the crack in SUS 316 round bar.

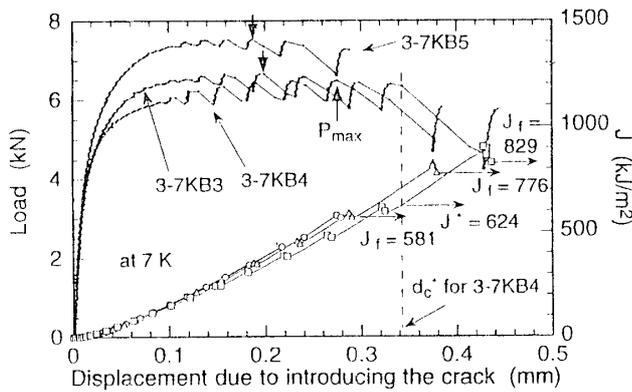


Fig.3 Change in load and J against displacement due to introducing the crack in SUS 316 plate.

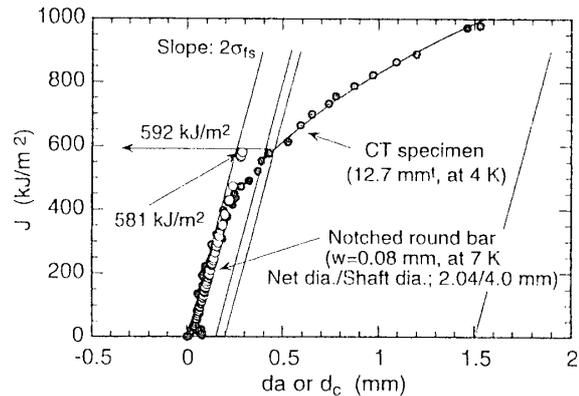


Fig.4 Comparison of JETT results and R-curve by ASTM E813-89.

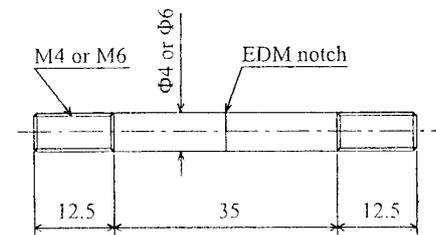


Fig.1 Test specimen.

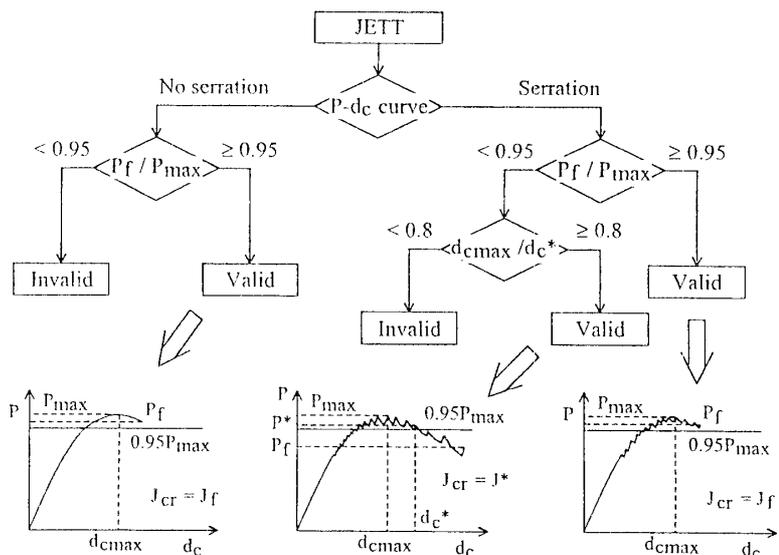
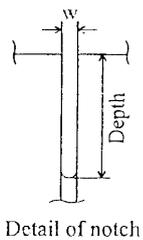


Fig.5 Flow diagram for evaluating the critical J by JETT.