

COD試験による制御圧延ラインパイプ材の Splitting 発生に関する解析

川崎製鉄(株) 技術研究所

○工藤純一

田中康浩

工博 鎌田晃郎 工博 大橋延夫

1. 緒言 天然ガスや重油等の加圧流体の輸送に使用される大径鋼管ラインパイプでは輸送流体の漏れそのものが大きな事故につながる場合が多い。すなわち、表面欠陥等から発生したクラックが鋼管肉厚を貫通する過程が重要である。一方、大径鋼管用鋼板のほとんどは制御圧延によって製造されているため板面に平行な面には(200)集合組織あるいは伸長された偏析帯や介在物が存在する。本研究では種々の制御圧延材の板厚方向に、いわゆる表面切欠を加工したCOD試験片を用いて、切欠先端からの破壊挙動におよぼす集合組織、偏析帯や介在物の影響を詳細に観察した。

2. 実験結果 COD試験の結果、遷移温度領域において、非常に小さいCOD値で切欠先端から写真1に示すような横割れが生ずることが明らかになった。この横割れはシャルピー試験片等の破面で観察される、いわゆる separation と同じ機構により発生するものと考えられるが、それらと区別してここでは splitting と呼ぶことにする。そして、COD試験片での splitting の発生に関して定量的解析を行ない、その結果をもとに内圧を受けるパイプで splitting が発生する応力を推定した。

3. 解析結果 splitting は切欠先端からの横割れであるから、FEMを用いて全エネルギー法により横割れ発生に伴う限界歪エネルギー解放率 $(G_s)_c$ を求めた。一方、板面に平行な面(Z面)についてのCOD試験からZ面での脆性破壊発生時の限界歪エネルギー解放率 $(G_z)_c$ を求め両者を比較したところ、図1に示すように $(G_z)_c$ は $(G_s)_c$ のほぼ下限になっていることがわかった。したがって、splitting が発生するかどうかは $(G_z)_c$ を用いて検討すれば安全側の評価ができる。内圧を受けるパイプの表面欠陥から splitting が発生する時の歪エネルギー解放率 G_s をFEMにより求め図2に示した。splitting は G_s 曲線と $(G_z)_c$ が交わる点で発生する。図2から明らかなように、splitting は高強度で厚肉パイプで発生する可能性が高く、その場合も肉厚の半分までという極めて深い欠陥が存在する時のみ発生するにすぎず、現実のパイプでは起りにくい割れであることがわかった。

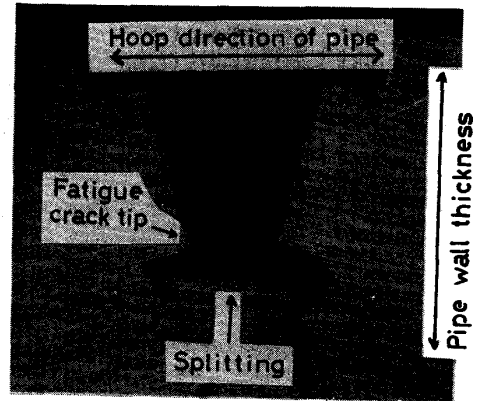
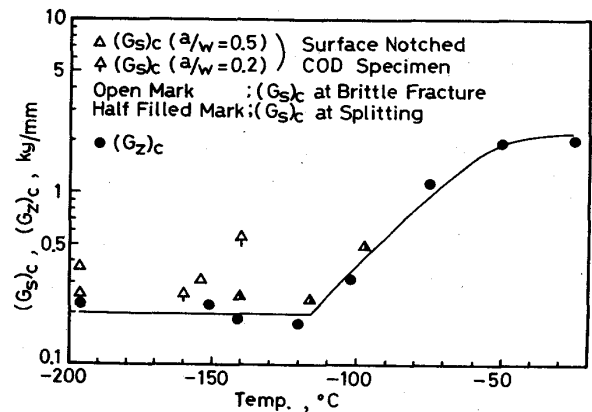
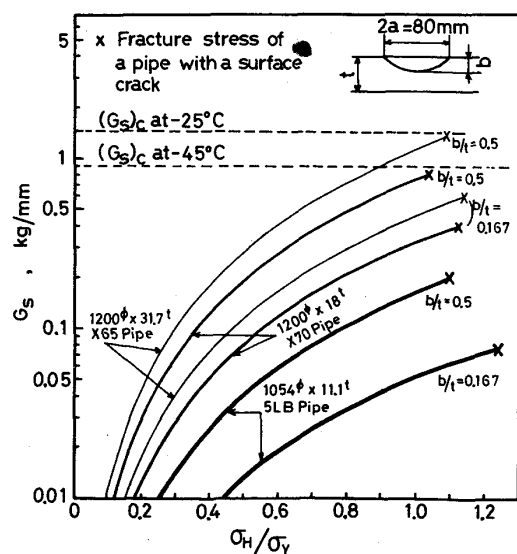


写真1 表面切欠からの splitting の例

図1 $(G_s)_c$ と $(G_z)_c$ の温度依存性 (S-2材)図2 内圧をうけるパイプの表面欠陥から splitting が発生する時の G_s と応力の関係