

(215) 引張変形によって生じるセパレーションの発生について
 (ラインパイプ材におけるセパレーション発生過程の考察 その1)

日本鋼管 技研福山 山口哲夫 平 忠明
 ○平林清照

I)緒言： 最近の高級ラインパイプ材においては、清浄鋼にもかかわらず延性が高くなるにつれて、セパレーションが多く見受けられる傾向にある。本報告はセパレーションの発生過程を解明する為に、引張過程に発生するVoidの増殖と結合の様子を観察し、セパレーションの発生過程を調べた。更に引張試験片のくびれ部の応力を測定する事によりセパレーションの発生する時の板厚方向応力を計算により求めた。

II)実験方法： 本実験に供試されたラインパイプ材の化学成分を表1に示す。丸棒引張試験で中止め試験を行ない、QTMとSEMによって、Voidの発生位置と増殖及び結合を経てセパレーションに至る過程を調べた。更にくびれ部の板厚方向応力を $\sigma_z = \frac{a}{2\gamma} \cdot \frac{P/Am}{1+a/4\gamma}$ (I)式で求め、セパレーションの発生する応力を求めた。(P:荷重, Am:くびれ部の断面積, a:くびれ部の半径 γ :くびれ部の曲率半径)

III)結果： (I)セパレーションは鋼A.Cに発生し、鋼Bは発生しない。(但し衝撃荷重の場合はいずれも顕著に発生する-その2) (II)鋼AはBより軸方向強度が大きくしかも良く絞られるので(I)式より板厚方向応力は大きくなり、破断寸前の25%伸び以上でセパレーションが発生し破断した。この時の $\sigma_z = 44 \text{ kg/cm}^2$ であった。Bは $\sigma_z = 37 \text{ kg/cm}^2$ でセパレーションを発生せず破断した。(写真1) (III)QTMによってVoidの面積率とサイズを測定した所、Aは最高荷重を過ぎた15%伸び以上で、Bは20%伸び以上でVoidが生成し始め歪増加と共に面積率とサイズの増加は顕著になる。破断寸前で急激にVoidの結合が進み、Aはcrackからセパレーションを経て破断するが、Bはcrackから破断に至る。同一歪ではAのVoid%はBより多く図1の様に針状傾向であるの対し、Bは角型Voidが多かった。(IV)SEMで観察した結果、Voidの発生位置が介在物と粒界及び粒内析出物を起点とするAのVoidは数が多く、連結してセパレーションに進展するがBの場合は数も少なく、Voidが連結して面の異なる他の結晶粒界に達した時に連結は止まりセパレーションに至らない。REM系又はNb(CN)系の介在物から生じたVoidはセパレーションに至らず、セパレーションの伝播する面は(100)が多いと考えられる。(V)鋼CをAPI引張試験片で試験した結果、Voidは介在物(A.B.C系)を核として発生し、伸びの増加と共に大きさ及び数を増しA系B系介在物に沿って連結が認められセパレーションに至った。(VI)引用文献 (I)式 P.W.Bridgman T.A.S.M vol 32 P.553~574

表1 供試鋼の化学成分

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Soi Al	REM
x70	A	.06	.20	1.55	.010	.005	.23	.25	.26	.23	.03	-	.03 添加
	B	.08	.30	1.55	.010	.004	.13	.17	-	.04	.10	.04	添加
x60	C	.10	.20	1.27	.014	.005	-	.20	-	.03	-	.04	-

鋼 A	伸び	鋼 B	伸び
	1.97%		1.97%
	22.6		22.9
	25.1		24.9
	27.1		28.3

写真1 セパレーション発生状況

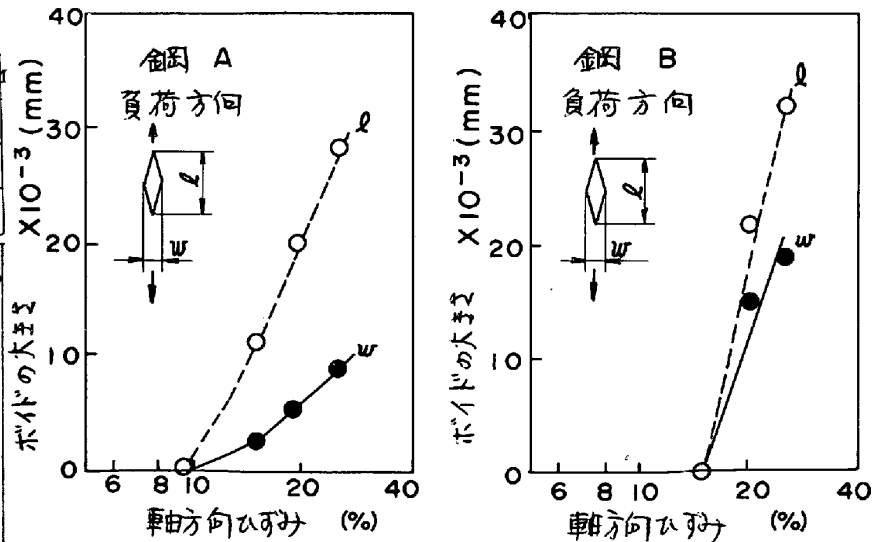


図1 軸方向歪とVoidの大きさの関係