

誌 上 討 論

(論文) 80 kg/mm² 級低炭素高張力鋼のシャルピー
一衝撃特性に及ぼすマイクロ組織の影響

梶野 利彦・小林 俊郎

鉄と鋼 65 (1979) 13, pp. 1936~1945

【質問】

石川島播磨重工業(株) 中代 雅士

私は計装化シャルピー試験に興味を持っており、貴殿の御報告を多く参考とさせていただいております。

さて、鉄と鋼第 65 巻 13 号の貴殿らの論文につきまして若干異論がございますので、御意見をたまわりたく存じます。

Fig. 6 において、荷重-時間図から求めたエネルギー E_t と実測されたエネルギー E_m が一致せず、 $E_t=0.78E_m$ なる関係にあるとしています。しかし私達の経験によりますと静的な荷重補正を用いた場合でも 2 kg-m 以上では回帰線はほぼ完全に $E_t=E_m$ の関係にあります。またほとんどの文献でも同一の結果が示されており、これをもととしてこの関係から逆に荷重の補正ができるとの考えさえあります。ここで $E_t=0.78E_m$ の関係が得られたのは、測定系に重大な原因があるのではないでしうか。

貴論文では $E_t=0.78E_m$ の原因として E_m には E_t 以外に E_v , E_{pl} などが含まれるためとしています。これらは E_t に含まれる、すなわち E_t はハンマーエッジを通して出入りしたすべての機械的エネルギーの代数和で、本質的 $E_t=E_m$ であると思います。

また 1942 ページ右下より 3 行目に「 K_d 値は切欠先

端半径の平方根に比例して上昇するものであるから、疲労き裂付の場合の値と相関性をもつもので、上述の議論は valid な K_{Id} 値に置きかえてもそのまま成立するものといえる……」と述べていますが、平方根に比例するのは有限の先端半径のある範囲のみで、疲労き裂まで適用はできず、ここで得られた値は K_{Id} 値と無関係なものではありませんか。参考として、MIT の RITCHIE¹⁾ の実験例を添付します。図では同じ鋼でも焼処理の差によって $K_d(\rho=0.25)$ は K_{Id} (fatigue cracked) と大小関係までも逆になっています。

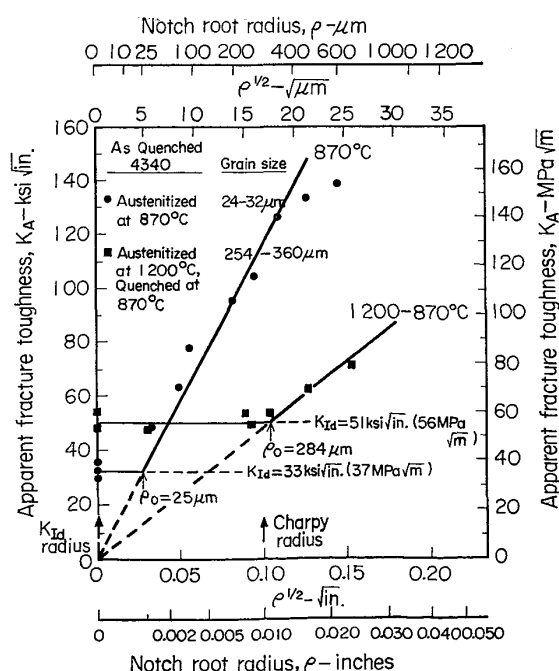
文 献

- 1) R. O. RITCHIE: "What does the Charpy test really tell us?" (1978) [ASM Ohio]

【回答】

鈴鹿工業高等専門学校 梶野 利彦
名古屋大学 小林 俊郎

(1) 計装化シャルピー試験における計装エネルギーとダイアルエネルギーとの相関関係については次のように考えます。計装化シャルピー衝撃試験において算定されるエネルギー(以下、計装エネルギー、 E_t と呼ぶ)は荷重-時間 ($P-t$) 曲線または荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線を観測し、その曲線下の面積から、前者ではそれにハンマー速度 (v) を乗じた形で、また後者では曲線下の面積そのものがエネルギー値として算定されます。したがって、 $P-t$ 曲線の場合には v をどのように定めるかが重要であり、最も簡単にはハンマー初速 (v_0) を用い、 $E_t=v_0\int_0^t P dt$ として E_t を求める方法があり、この場合には B. AUGLAND の関係式 $E_m=E_t(1-4E_t/E_0)$ 、(ここで E_0 は試験機の容量) により計装エネルギーとダイアルエネルギー (E_m) との相関関係が示されます。すなわち、 v_0 を用いる場合には E_t は E_m よりも過大に評価されることになります。ハンマー速度として初速 (v_0) と終速 (v_f) との相加平均値である $\bar{v}=1/2(v_0+v_f)$ を用いると、 $E_t=\bar{v}\int_0^t P dt$ としてさらに適切な $E_t=E_m$ の相関関係が得られますが、しかしこの場合 v_f は各測定ごとに算出しなければならない複雑さが伴います。ひとつの便法として次のものがあります¹⁾。すなわち、計装に際し $P-t$ 曲線の積分型 ($A=\int_0^t P dt$) を電気的な積分回路により定め、 $P-t$ 曲線と同時に $A-t$ 曲線を得る方法です。この場合、積分値の利得を k とすると、 $E_t=kA=E_m$ となるように k をあらかじめ決定しておけば以降の観測においては E_t-t 曲線として $E_t=E_m$ の相関関係をもつ値が得られることになります。このような補正方法のひとつとして、例えば D. R. IRELAND¹⁾ は硬い 6061-T6アル



ミニウム合金 ($E_m=13.6J$) の使用を推奨しています。が、この場合でも $E_t=E_m$ となるのは試験機容量の1/2までであり、これを超えると1対1の相関関係は成立しなくなる点が注意されています。

$P-t$ 曲線を用いた場合の E_t と E_m との対応に関しては *G. D. FEARNEHOUGH* ら²⁾は E_t は E_m よりも少し低いがほぼ1対1の対応を認めています。が、*B. COTTERELL*³⁾によれば E_t は E_m よりも約25%低い値として求められています。この矛盾点についてはその後の検討がなされておらず、むしろ今後の問題点であるとも言えます。

$E_t < E_m$ となる原因としては、(1)通常のシャルピー試験機ではハンマー重心が撃心からややずれている(〜5mm程度)ため、これによるハンマーの縦振動に起因するロス・エネルギー、(2)試験機の基礎およびアンビル、ハンマーに吸収されるエネルギーの一部、(3)ゲージに垂直な成分の荷重が検出されないことによるもの、(4)衝撃初期におけるハンマーと試験片の反撥における無接触状態での試験片の振動等によるロス・エネルギーなどが考えられます。以上の要因により $E_t < E_m$ となり、1対1の対応が成立するとは考えられず、本報においては $E_t = 0.78E_m$ として得られたのですが、これは用いる試験機の剛性や材料によっても変わると考えられます。

このように、 $P-t$ 曲線からのエネルギー算出においても従来より研究者により結果は一様でなく、また $P-\delta$ 曲線を用いる方法における E_t-E_m の相関関係も含めて今後の検討課題と言えます。最近における $P-t$ 曲線による方法においてはむしろ1対1の対応になるように前述したような補正を加えているものが多く、むしろこの点に疑問があると思われます。

(2) 著者らは工業的に広く用いられているV切欠試験片を用いて簡便・迅速に破壊靱性値を推定する方法の確立を目指して研究を進めており、本報ではV切欠材における計装化シャルピー試験で得られた E_i 値と見掛けの K_d 値との関連性を知るうえで等価エネルギー(E.E.)法の適用を試みたものです。E.E. 法は元来試験片寸法の相似則により荷重値を補正することにより K_d または K_d 値を推定しようとするものであり、その適用は必ずしも疲労き裂(f.c.)材に限定されるものではありません。

また、*RITCHIE* ら⁴⁾も破壊靱性値はf.c.のような鋭いき裂と鈍いものとの両者を比較することが重要であることに言及しており、き裂先端が鈍化した後や構造物におけるマクロな切欠よりの不安定破壊を想定すれば、一般的に工業的に普及している $\rho=0.25$ のV切欠材での K_d 値もまたf.c.材での値と同様に重要なものと考えられます。なお、 E_i に関してはA533-B-1鋼について著者の一人により E_i の約80%に対応するエネルギーが J_{Id} に対応することが確認されており⁵⁾、今後さらにこれらの点を詳しく調べ、 J 値、COD 値などとの対応を含めて多角的に追究することが破壊靱性値を現場での品質管理等に普及させていく上で重要と考えています。

文 献

- 1) *D. R. IRELAND*: ASTM STP, 563(1974), p. 3
- 2) *G. D. FEARNEHOUGH* and *C. J. HOY*: JISI, (1964), p. 912
- 3) *B. COTTERELL*: British W. J., 9(1962), p. 83
- 4) *R. O. RITCHIE, B. FRANSIS, and W. L. SERVER*: Met. Trans., 7A(1976), p. 831
- 5) 小林俊郎, 松原 等, 上田徹完: 鉄と鋼, 66(1980) 4, S491