

The Influence of Yield Ratio on Embrittlement of steels by Cold Work

- 1. Prediction of embrittlement by cold work -

By Takashi MIYATA and Tetsuya TAGAWA

1. 緒言

現在建築用鋼材において低降伏比の鋼材が注目されている。従って、過荷重による塑性変形後あるいは冷間加工後の靱性の把握は非常に重要であるが、現在その定量予測は不可能である。本研究では実験的に冷間加工による脆化量を測定するとともに、著者らが提案してきた靱性支配因子の実験式を基に脆化量の定量予測を試みる。

2. 実験方法

供試材は500MPa級の建築用鋼材で化学成分を Table 1 Chemical composition on steel tested.

Table 1に示す。供試材は受け入れままのもの

C	Si	Mn	P	S	Al	N
0.19	0.48	1.52	0.025	0.005	0.03	0.002

(0%CW)の他、3%、10%の冷間圧延を施し(3%CW, 10%CW)、合計3種類とした。

試験は降伏応力および破壊靱性の温度依存性を調べた他、液体窒素温度で切欠底半径1mmの丸棒引張試験を行い、FEM応力解析結果に基づき破壊時の荷重から算定される最大応力をへき開破壊応力 σ_c とした[1]。また、室温での引張試験に際しては、伸び計を用い、材料の構成式を算定した。

3. 試験結果

各供試材の破壊靱性の温度依存性の試験結果をFig.1にプロットで示す。冷間加工後の遷移曲線は加工前に比較して70℃程度高温側にあり、また脆化の程度は加工度には比例していないようである。著者らはかねてより Local approach を基礎にして、材料の特性値と破壊靱性の関係について検討を行ってきた。その結果、40鋼種以上の高張力鋼について、かなり高い相関が得られる次の実験式を提案した[1]。

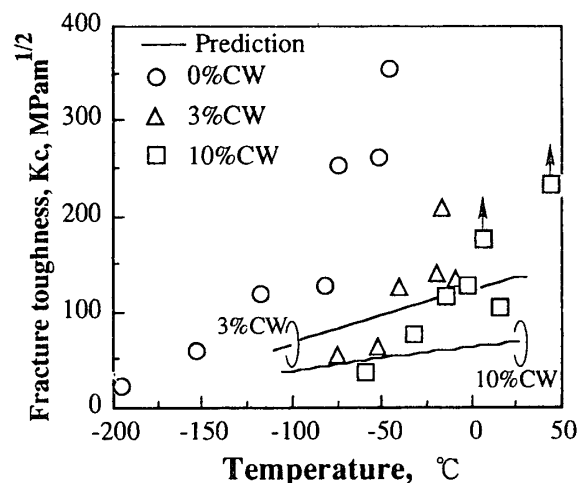


Fig.1 Temperature dependency of fracture toughness and their predicting value from 0%CW data.

$$K_c = \frac{2.85 \times 10^{-3}}{B^{1/4}(\text{mm})} \sigma_c \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_{ys}} \right)^\alpha \quad (\text{MPam}^{1/2}) \quad (1)$$

ここで σ_c はへき開破壊応力(-196℃の値)、 σ_{ys} は靱性試験温度での降伏応力、 B は試験片板厚、 α は材料定数である。(1)式に基づくと、冷間加工による脆化は冷間加

工前後の特性値変化で記述可能である。

(1)式の破壊靱性の支配因子の内、冷間加工により最も変化するものは降伏応力であると考えられるため、ここでは冷間加工による脆化は降伏応力上昇が主因であるとして上式に基づき加工後の破壊靱性について予測を行った。

Fig.2は0%CWの真応力／歪関係及びそれから推定される加工後の降伏応力を示したものである。参考のため、

3%CW, 10%CWの降伏応力の実験値も示す。このようにして推定した加工後の室温の降伏応力に基づき、推定した加工後の降伏応力の温度依存性をFig.3に示す。降伏応力の温度依存性に関しては溶接学会鉄鋼部会WR3委員会で提案された式を[2]用いた。10%CWでは降伏応力の温度依存性の推定値は実用温度範囲において実験値と一致しているが、3%CWではやや誤差が大きく、この点が課題である。以上のようにして推定した加工後の降伏応力の温度依存性および加工前の材料のへき開破壊応力 σ_c 、材料定数 α （0%CWの値）を(1)式に適用し、推定した加工後の破壊靱性の温度依存性をFig.1に実線で示す。

降伏応力の温度依存性の推定値が実験値に対して全体的に高めであるため、やや保守的な推定となっているが、3%CW, 10%CWともに実験値を比較的よく推定でき得ることがわかる。

4. まとめ

従来の破壊靱性に関する研究において提案した実験式を用いると、冷間加工後の破壊靱性を加工前の情報のみから推定可能である。予測精度の向上のためには、推定に際して必要となる降伏応力の温度依存性の近似式に関して検討が必要である。

参考文献

- [1] 田川, 宮田, 大塚; 材料, 41(1992)1227
- [2] 溶接学会鉄鋼部会WR3委員会報告書(1991)

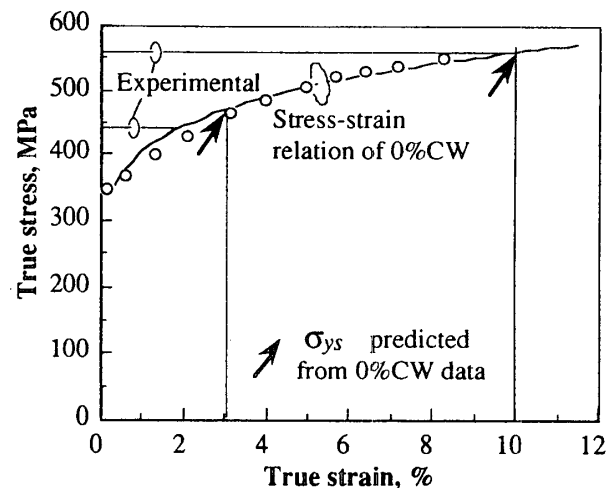


Fig.2 Constitutive equation of 0%CW and predicted yield stress after cold working.

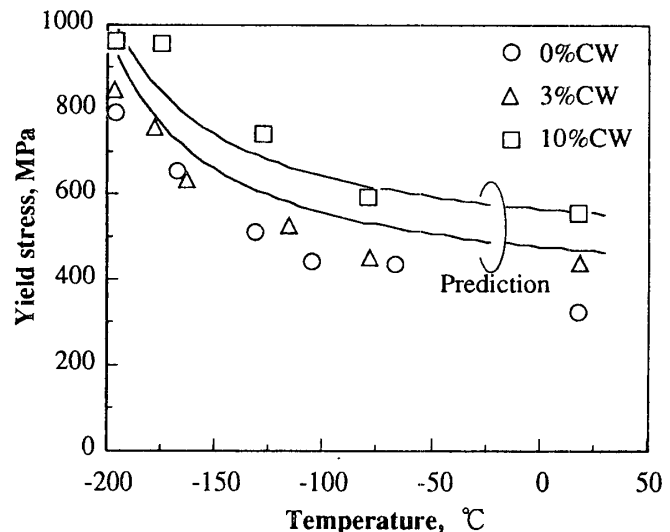


Fig.3 Temperature dependency of yield stress and its predicting value.