

高温引張りと相変態特性に関する 材料データベースの構築とその手法

京都大学大学院
京都大学エネルギー科学研究科

学 〇平松 秀彦
正 井上 達雄

1. 緒言

これまでの材料データベースには引張試験を実施した結果としての降伏応力 (0.2%耐力), 引張り強さ, 伸び, 絞りなどは含まれているが, 応力-ひずみ線図そのものは含まれていない。また各研究機関, 各材料メーカーにおいても, それらの実験が行われているものの, 応力-ひずみ線図が整理, 保管されていないのが現状である。ところが非弾性解析に必要となるのは降伏点をすぎた後の曲線そのものであり, このデータが入手困難であることから, 2 直線近似や n 乗硬化といったおよそ現実離れしたデータを使用して計算しているのが現状である。こうしたことから, 温度依存性, ひずみ速度依存性を考慮した応力-ひずみ線図を体系的に蓄積しておくことは, 非弾性解析を高精度で行う上で重要な要素のひとつであるといえる。

そこで本研究では熱応力, 変態応力などの高温における非弾性解析を高精度に行うために必要となる基本データ, 主として温度依存性, ひずみ速度依存性を考慮した応力-ひずみ線図をはじめ, 温度と深く関わる熱物性値および相変態に関する各種材料のデータを収集し整理する方法を, 材料情報を蓄積, 管理し解析や設計などの各ステージに直接データを渡せる材料情報統合化システムである MSC/MVISION を使用して確立することを目的とする。

2. データベース構築の手順

材料データベース構築の手順は以下のようにまとめられる。

- ①対象とする材料, 現象の設定
- ②入力すべき情報の選定
- ③データ記入用の仮フォーマットの作成
- ④仮フォーマットによるサンプル入力
- ⑤問題箇所をフォーマットにフィードバック
- ⑥入力用フォーマットの作成
- ⑦実際の入力
- ⑧デバック作業

3. 収録データの概要

本データベースにおいては, 金属材料, 主として鉄鋼材料を中心に熱応力, 変態応力などの高温における非弾性解析を高精度に行うために必要となる基本データを中心に収録する。以下にその一覧を示す。

- ①基本特性(化学成分, 機械的性質, 熱処理条件)
7 成分, 降伏点, 0.2%耐力, 引張り強さ,
伸び, 絞り, 熱処理条件, 組織写真
- ②応力-ひずみ線図
温度依存性, ひずみ速度依存性
- ③クリープ曲線
応力依存性, 温度依存性
- ④弾性定数とその温度依存性
縦弾性係数, 横弾性係数, ポアソン比
- ⑤熱物性値とその温度依存性
線膨張係数, 比重, 比熱, 熱伝導率,
変態潜熱, 変態膨張係数
- ⑥変態挙動
TTT 線図, CCT 線図, TTT 線図,
温度-伸び線図

4. データベースの利用法の考察

SUS304 材

Fig. 1 に SUS304 のひずみ速度依存性を考慮した 900℃における応力-ひずみ線図を示す⁽¹⁾。この結果から, ひずみ速度の降伏応力, 加工硬化係数に対する影響が非常に大きいことが確認される。Fig. 2 に 0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ の温度, ひずみ速度の依存性を示す。450, 600℃では, 速度依存性のため一部逆転が生じて, $\dot{\epsilon} = 0.001\%/sec$ の場合に降伏応力がもっとも大きくなっているが, これは動的ひずみ時効 (dynamic strain aging) が原因と考えられる。

SNC815 材

Fig. 3 に真空焼きなましを施した SNC815 の温度依存性を考慮した応力-ひずみ線図を示す⁽²⁾。組織は炭素濃度 0.14% のベイナイト (bainite) 組織である。降伏

応力、加工硬化係数ともに温度上昇とともに低下し、とくに 300℃以上においてはその傾向が顕著になるといえる。

S45C 材

Fig 4 に S45C の温度依存性を考慮した応力-ひずみ線図を示す。この結果から温度は降伏応力に対する影響が非常に大きいことが分かる。300℃における加工硬化係数、引張強さが他の温度に比べて大きくなっているのが観察されるが、これは青熱ぜい性 (blue shortness) の影響が考えられる。

5. 結言

データベースの利用価値は最初の設計、データの網羅性、信頼性に依っており、広く意見を求めデータを集めていくことは重要である。現在、日本材料学会、塑性工学部門委員会材料データベース研究分科会において作業が進められており、こういった場で詳細な設計やデータの収集について議論することによって、利用者にとって利用価値のある材料データベースを作っていく必要がある。

本データベースを作成するににあたってご協力いただいた日本エムエスシー(株)ほか関係各位に謝辞を表す。

参考文献

- (1) 松井, 巨, 井上, 超高温における SUS304 鋼の非弾性特性と統一型構成式, 材料, 41-466, (1992) pp. 1153-1159
- (2) 宮尾, SNC815 材の温度, 組織, 炭素濃度を変化させた場合における引張変形挙動とその浸炭焼入れ過程への応用に関する研究 (1984) 京都大学学士論文

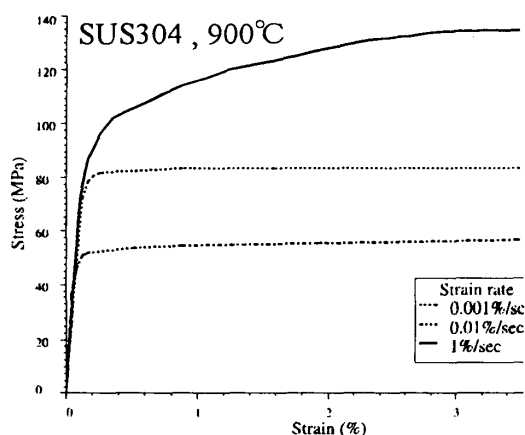


Fig. 1 Strain rate dependence on stress-strain curves.

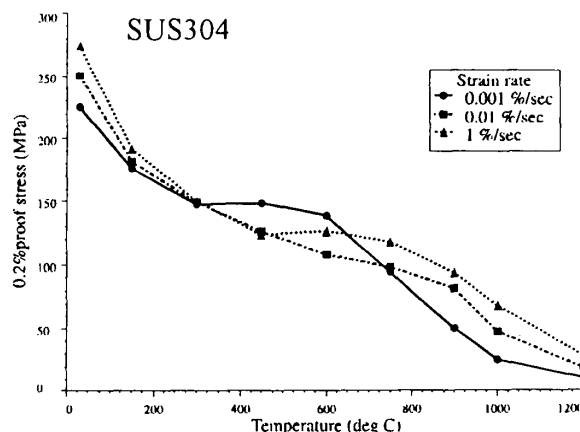


Fig. 2 Variation of yield stress with temperature under different rate.

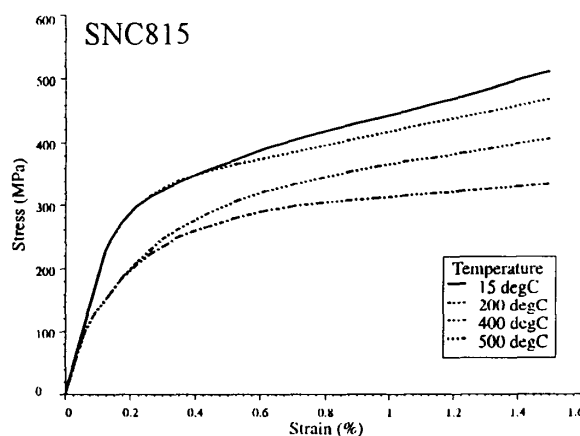


Fig. 3 Temperature dependence on Stress-strain curves.

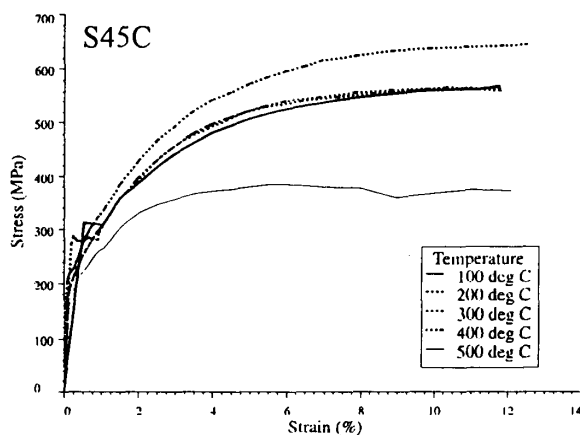


Fig. 4 Temperature dependence on stress-strain curves.