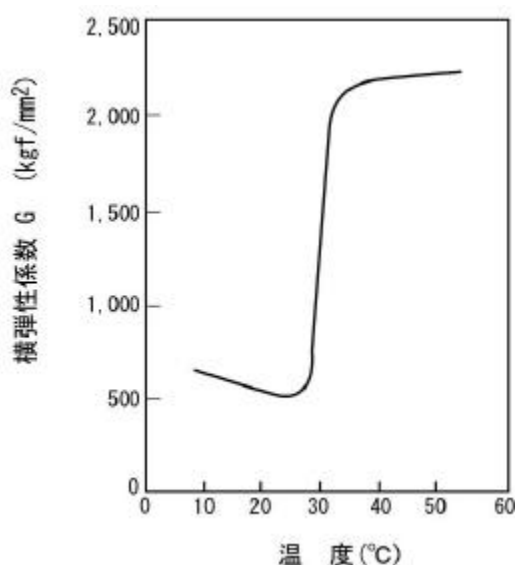


4.4 形状記憶合金素子の製造

4.4.1 形状記憶合金素子の設計

形状記憶合金素子の製造は素子の設計から始まる。例えば、図 4.3.2-1 に示す 2 方向性繰り返し作動型の素子を作る場合、機械要素としてのばねを設計しなければならないが、作動温度に対応した合金組成の横断性係数 G を用いてばねを設計する。図 4.4.1-1 の例では、形状記憶合金コイルの超弾性係数は、低温側で $500 \sim 600 \text{Kgf/mm}^2$ 、高温側で $2,000 \text{kgf/mm}^2$ である。この値を使って、各温度におけるばねの発生力を計算し、バイアスばねとの釣り合いを考慮して素子を設計する。

図 4.4.1-1 形状記憶合金コイルの横弾性係数



4.4.2 形状記憶合金素子の製造

形状記憶合金素材は、通常の金属材料と同じ製造工程を経て製造されるが、Ni-Ti 系合金の場合は、Ti が活性金属なので、真空またはアルゴンなどの不活性ガス雰囲気中で溶解する。アーク溶解、電子ビーム溶解、プラズマ溶解などが採用されているが、高周波真空ルツボ溶解では溶湯が十分に攪拌されるため均一組成の鑄塊が得られやすい。溶解ルツボには通常黒鉛が用いられるが、混入炭素量は 0.05% 以下に抑えられるとされている。

鑄塊は熱間加工、冷間加工により線や板に加工されるが、常温では延性が小さく、加工硬化しやすいため、冷間加工中の焼鈍回数を多くしなければならない。

加工された線材や板材を形状記憶素子にする工程が、記憶処理工程である。この形状記憶処理には、1 方向性記憶処理と 2 方向性記憶処理がある。一般には 1 方向性記憶処理がとられ、中温処理法、低温処理法、時効処理法などがある。

中温処理法：加工した線材などを拘束して $400 \sim 500$ で数分～1 時間保持する。

最も一般的に用いられている記憶処理法である。

低温処理法：まず 800 以上に加熱した後、成形加工し、 $200 \sim 300$ で記憶処理する。

焼鈍後の成型加工のため、複雑な形状に記憶させるのに適している。

時効処理法：Ni が 50.5at% 以下の高 Ni 合金に適応できる記憶処理法である。

まず 800 ~ 1000 で加熱後、水中焼入れ（溶体化処理）した後、400 前後の温度で数時間熱処理する。中温処理と同程度の特徴が得られる。

4.4.3 現在製造されている合金と素材形状

Ni-Ti 系合金材の場合以下の合金組成、素材形状のものが製造されている。

- 合金 : Ni-Ti 2 元系合金 : Ni50.0at% ~ 51at%
Ni-Ti 2 元系合金に数%以下の Cr.Fe.V.Co などを添加した合金。
Ni-Ti-Cu 系合金
Ni-Ti-Nb 系合金
- 形状 : 細線 : ~ 30 μ m 径
圧延板 : ~ 30 μ m 厚さ
細管 : ~ 0.3mm 外径