

°C 近辺の温度ならば害はないことが明らかである。

3.4 段階処理 (Step peening), 混合処理 (Mix peening) の影響

前報において、小粒ショットでピーニングすれば表面応力は大となり、大粒ショットでピーニングすれば応力零の位置が深くなることを報告した。したがつてもし大粒のショットでピーニングして後小粒ショットでピーニングすれば表面応力も大、深さも大となり、耐疲労性も大きくなるのではないかと予想して実験を行なつた。ショットの大きさは 0.6mm φ, 1.2mm φ を用いた。その結果疲労限は 0.6mm φ の粒と 1.2mm φ の粒とを別々に行なつた場合の中間にあり、優位差を認めることはできなかつた。

混合処理は上述の段階処理と同様、深くかつ大きな残留応力を生ぜしめるために大粒ショットと小粒ショットとを混合したものでピーニングを行なうことで、この場合も混合処理の効果を見とめることはできなかつた。

### 3. 総括

以上の結果を総括すると次のごとくである。

1. ショットの投射速度大となると硬度ピークは大きくまた深い位置に生ずる。疲労限は 2000 r.p.m までは回転数増すほど上昇するが、これ以上増しても効果は少ない。
2. ピーニングされる材料の硬度高いほど、硬度ピークは明確にあらわれる。応力零の位置は硬度低い程深い。
3. 低温焼鈍温度の影響は次のごとくである。硬度分布曲線は 100°C で影響ないが、200°C 以上では低下する。残留応力は 100, 200°C でわずかに増加し 300°C 以上では低下する。疲労限は 100, 200°C でわずかに増加、これ以上で減ずる。
4. 段階処理、混合処理は予期した好結果は得られなかつた。

## (149) Inconel X 型合金の繰返し加熱ばね特性について

(ばね用超合金の研究—Ⅶ)

三菱製鋼, 大島製作所

○上正原 和典・関 不二雄  
金井 良昭・工博 内山 道良

### On the Spring Properties of Inconel X Type Alloy under Repeated Cycle of Heating.

(Studies on superalloys for spring—Ⅶ)

Kazunori KAMISHOHARA, Fujio SEKI  
Yoshiaki KANAI and Dr. Michira UCHIYAMA.

#### 1. 緒言

筆者らは先に溶体化処理, 1 段時効処理, 2 段時効処理, 冷間加工処理, 冷間加工後時効処理を行なつた Inconel X 型合金の常温, 並びに高温におけるばね特性について報告した<sup>1)2)</sup>が本報においては Inconel X 型合金製圧縮コイルばねに圧縮荷重を加えた状態で繰返し加熱実験<sup>3)4)</sup>を行なつた結果について報告する。

Table 1. Treatment of sample spring.

Kind	Process of treatment
Single aging	Solution (982°C × 2 hr) → Coiling → Aging (704°C × 8 hr)
Duplex aging	Solution (982°C × 2 hr) → Coiling → 1st Aging (760°C × 9 hr) → 2nd Aging (704°C × 9 hr)
Aging after cold drawing	Solution (982°C × 2 hr) → Cold drawing (62% reduction) → Coiling → Aging (649°C × 44 hr)

\* Wire was quenched in oil after solution treatment.

\*\* Spring was cooled in air to room temperature after aging treatment.

\*\*\* Dimension of spring: wire diameter 4mm, outer coil diameter 30mm, total number of coils 7.5, effective number of coils 5.5, free length of spring 101 mm, righthand wound, ends were squared and ground.

#### 2. 試料および実験方法

本実験に用いた試料の化学成分は第 V 報<sup>1)</sup>と同じで、これに Table 1 に示す処理を行なつて試料ばねとした。試験機は容量 1.5 t のクリーブ・ラブチャー試験機で、これの保持装置(ばねに圧縮荷重が掛るように設計)にばねを取付け、ばねに荷重を加えた状態で直接交流を通电(溶接用トランスを使用; 容量 12kVA; 1次 200V 2次 11~6V)し、ある温度まで加熱する。ただし測温はテンピルスティックを用い、ばね中央のコイル表面について行なつた。予定の温度に達した瞬間に止電し、コイルの表面温度 (P-PR 熱電対により測温) が 50°C に低下するまで放冷する。ばねの温度が 50°C になると同時に再び通电し、上記の操作を繰返し (30 回)、この間におけるばねの撓みの変化を 1/100mm 目盛のダイヤルゲージで読取る。

実験は限界温度 3 段階 (204, 482, 593°C), 荷重 12 段階 (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 kg) の組合せによつて行なつた。

#### 3. 実験結果

##### 3.1 荷重—撓み特性 (常温)

常温における試料ばねの荷重—撓み特性は Fig. 1 に示す通りである。ただし各点は 1 箇の試料を代表している。これによると 1 段時効を行なつたものは約 30 kg/mm<sup>2</sup> までの振り応力 (Wahl の応力修正係数を 1.23 とし計算) には耐えうるが 35 kg/mm<sup>2</sup> 以上では降伏を開始する場合があります。これは箇々のばねのでき、不出来により大きな差がある。応力 50 kg/mm<sup>2</sup> になると密着 (撓み 73mm) するものが多く現われている。

2 段時効の場合は約 25 kg/mm<sup>2</sup> までは降伏しないが 30 kg/mm<sup>2</sup> ではばらつきがみられ 50 kg/mm<sup>2</sup> になると密着するものがある。

一方、冷間引拔を行なつて時効されたものは本実験の範囲内では総て直線関係が保たれている。

##### 3.2 繰返し加熱試験における荷重とセット量

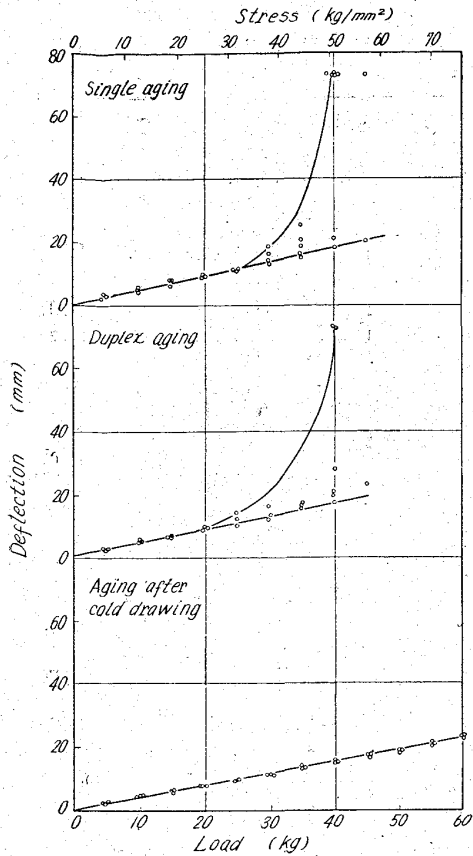


Fig. 1. Load-deflection characteristics.

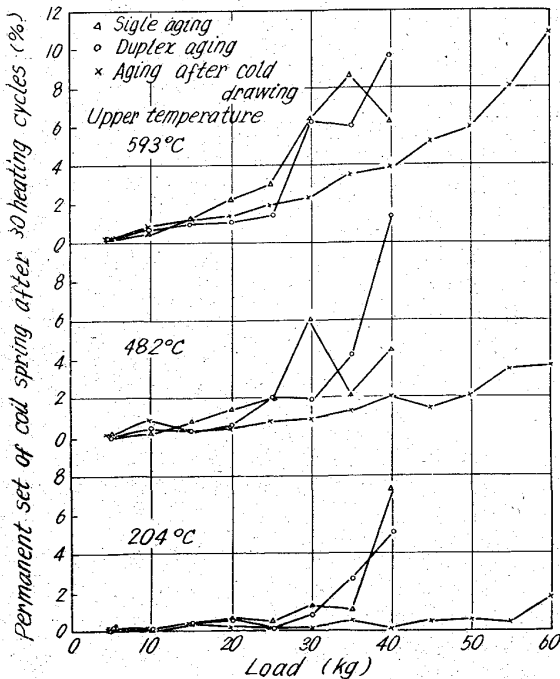


Fig. 2. Effect of the load on the permanent set of coil spring after 30 heating cycles.

50°C～上限温度 (204, 482, 593°C) 間で 30 回の繰返し加熱冷却 (自然放冷) を行つた後の荷重と永久変形量との関係を Fig. 2 に示す。これによると冷間引抜後時効処理を行なつたものは上限温度の 3 段階を通じて他

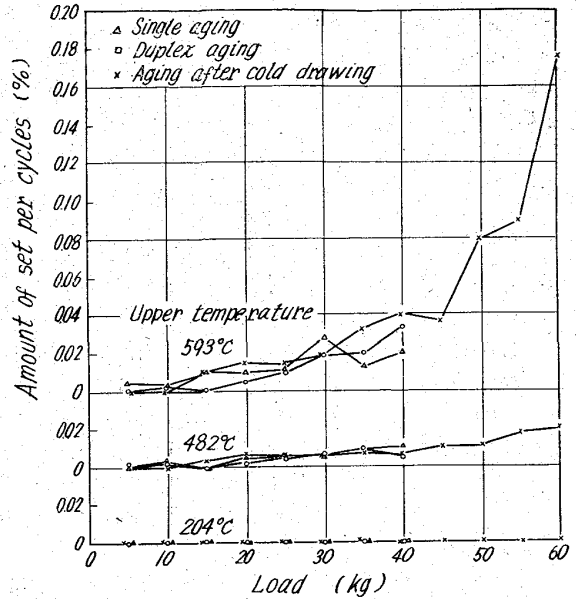


Fig. 3. Effect of the load on the amount of set of coil spring per cycle at 30 heating cycles.

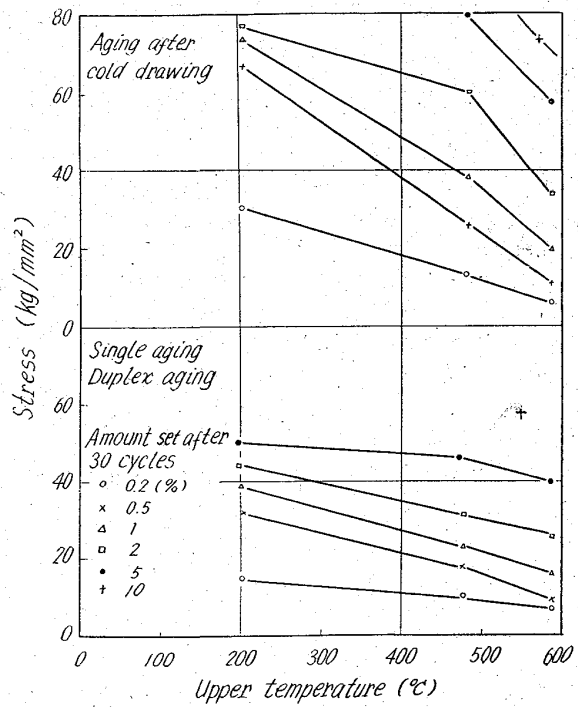


Fig. 4. Stress-temperature curve for various amount of set (after 30 heating cycles).

の時効処理のみを施こしたのものより永久変形量が少ない。さらに時効処理のみの場合は 1 段時効, 2 段時効の優劣はつけ難い。

また 30 回の繰返し後の 1 サイクル当りの変形量は Fig. 3 に示す通りであるが 3 種類の処理の間に差異はみられない。上限温度が 204°C の場合はほとんどゼロで、繰返しの極く初期のセット後変形が進行しない。冷間引抜後時効処理したものは高温 (593°C) になると荷重 40～50kg 以上で急激なへたりを生ずる。

3.3 応力と温度との関係

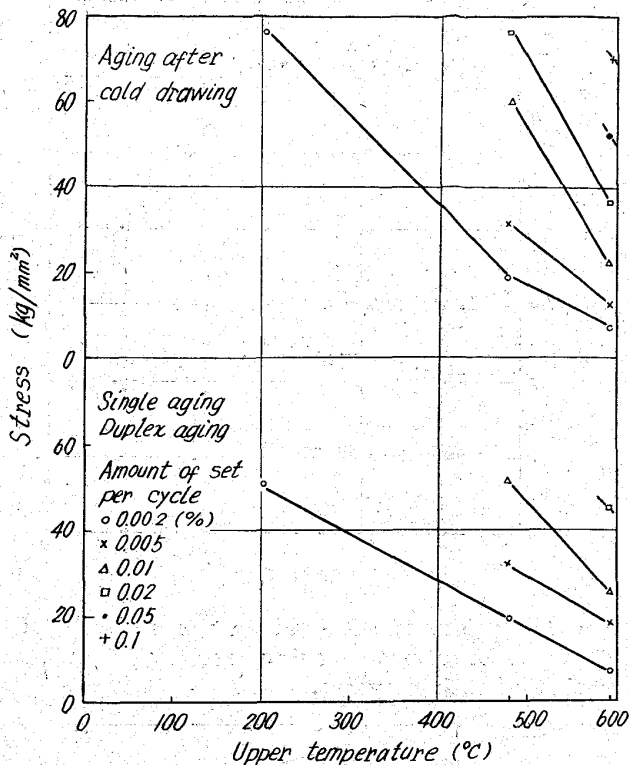


Fig. 5. Stress-temperature curve for various rate of set (at 30 heating cycles).

Fig. 2, 3 を基として応力と温度との関係を求めると Fig. 4, 5 がえられる。すなわち Fig. 4 は 30 回の繰返し加熱冷却後の永久変形量(0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10%)をパラメータとしたときのばねにかかる振り応力(常温時の荷重から求めた値)と上限温度との関係であり、冷間引抜の顕著な効果がみられる。しかしながらこの状態での応力はあまり高くとることはできない。

Fig. 5 は 30 回の繰返し加熱冷却時の 1 サイクル当りの変形量(0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1%)をパラメータとした応力と温度との関係であるが、ここでも冷間引抜の方が優れており、上限温度が 300°C ならば約 60 kg/mm<sup>2</sup>, 400°C ならば約 40 kg/mm<sup>2</sup> までの設計(1 サイクル当りのセット量を 0.002% まで許容するとして)が可能であるが、この場合には使用前にヒートセッチングを行なう必要がある。

4. 結 言

以上の実験により次のことが判明した。

- 1) 704°C 1 段時効ばねと 760°C—704°C 2 段時効ばねについての繰返し加熱における永久変形量は 1 サイクル当りの変形量について差異がみられない。
- 2) 冷間引抜(62%) 後時効処理を行なつたばねは、単に時効処理しか行なわなかつたばねより永久変形量の点で勝れているが、1 サイクル当りの変形量については差異はない。
- 3) 冷間引抜(62%) 後時効処理を行なつたばねは、ヒートセッチングを行なうことにより、繰返し加熱の上限温度が 300°C ならば約 60 kg/mm<sup>2</sup>, 400°C ならば約 40 kg/mm<sup>2</sup> まで耐えうる。(許容変形量を 0.002%/heat cycle として)

文 献

- 1) 関, 金井, 上正原, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 654
- 2) 金井, 関, 上正原, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 1998
- 3) 上正原, 関, 金井, 内山: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 344
- 4) 上正原, 金井, 関, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 10, p. 1457

(150) 連続磁気硬度計

東洋鋼板, 下松工場

工博 竹本 国一・藤井 昭明  
○原田 博之

Continuous Magnetic Hardness Gage.

Dr. Kuniichi TAKEMOTO, Teruaki FUJII and Hiroyuki HARADA.

1. 緒 言

ブリキの硬度(HR-30T)はその強度やスプリングバック値などと関係があり、測定が簡便であるため機械的性質の日常管理によく利用されている。そこで、硬度を工程中で連続測定できれば、多くの利点を生じるので連続硬度計の開発を行なつた。

HR-30T などの凹圧硬度は塑性変形抵抗を測定するのであるから、連続硬度計の被測定量としては、硬度そのものでなくても結晶の性質を示すものであればよい。そこで電気伝導度、渦電流、放射線後方散乱、および磁気特性などが考えられる。われわれは磁気特性について研究を進めているうちに透過磁気がよく硬度と関係があり、非接触連続測定の可能性もあるのでこれを採用した。そこで、透過磁気による連続硬度計を作り、連続焼鈍設備の出口側に設置し実用化試験を行ない、良好な結果を得たのでこれを報告する。

なお、連続硬度計については、Jones & Laughlin 社で放射線の後方散乱を利用したもの<sup>1)</sup>, U. S. Steel 社で残留磁気を利用したもの<sup>2)</sup>が実用化されているとの報告があるが、本法のものは両社のものと較べて構造が簡単であり精度なども劣らないようである。

2. 測定方法

Fig. 1 は連続焼鈍設備出口側に設置した連続硬度計の構成を示すものである。ストリップの進行方向に対して前方に交流励磁の消磁器を置き、これによりストリップの持つ残留磁気を消去する。この後方に測定ヘッドを設けた。測定ヘッドの上箱には直流励磁の棒状電磁石があり、下箱には磁界測定器の検出部が組込んである。この電磁石は定電流装置より供給される一定電流によつて常に一定の静磁界を発生している。検出部にはストリップが磁化されることにより変化した磁界(これを透過磁気と呼ぶ)がかかり、これを磁界測定器で測定し、この出力を記録計で記録する。この記録がストリップの長さ方向の硬度分布を示すことになる。なお、本方法は磁気特性を利用するものであるから、試料はその化学成分、熱間圧延条件、冷間圧延条件などがほぼおなじに管理され