

Table 3. Mechanical properties of steel tested.

Heat treatment	Form	Direction	Mechanical properties						
			Vickers hardness	0.2% offset (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	R. of A. (%)	Notched T. S. ³⁾ (kg/mm ²)	Chapry value ⁴⁾ ft-lb
950°C A. C.	Bar ¹⁾	—	360	52.9	117.8	21.9	66.3	—	84.3
	Sheet ²⁾	Long. Trans.	371	36.6 39.7	115.8 113.4	12.8 12.2	—	—	—
950°C A. C. -73°C ×16 hr	Bar	—	385	82.8	124.0	22.2	66.4	199.5	63.0
	Sheet	Long. Trans.	387	78.3 78.3	132.0 135.0	10.0 9.9	—	—	—
950°C A. C. -73°C ×16 hr 525°C ×4 hr	Bar	—	552	165.5	183.0	19.7	49.1	255.0	16.2
	Sheet	Long. Trans.	575	155.3 160.7	185.3 185.6	11.0 9.5	—	—	—

1) dia. 5mm φ, G. L. 18.3mm, 2) width 1/2 inch, G. L. 2 inch, 3) 7.6mm φ major dia., 5.4mm φ root dia., about 0.018mm notch root dia., 4) 2mm V notched specimen.

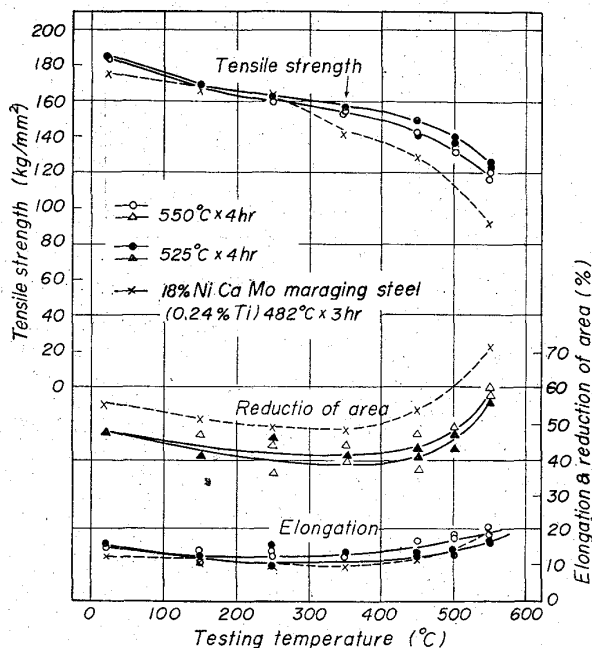


Fig. 5. Elevated temperature tensile properties of steel tested.

cm² の酸化減量で 17-4PH 鋼よりも優れている。

4. 総括

- 1) 本供試鋼は Ms 点が約 110°C にあるので焼鈍処理によって常温でマルテンサイト変態を完了せず、深冷処理を施すことによりほぼ均一なマルテンサイト組織が得られる。
- 2) このマルテンサイト組織を時効すると急激に硬化する。硬化温度は 525°C が適当である。この硬化は金属間化合物の析出によるものと考えられ、いわゆるマルエージングに相当するものである。
- 3) 本供試鋼と 18% Ni Co Mo マルエージング鋼と

を比較すると常温での機械的性質は両者ともほとんど変わらないが、本供試鋼は時効温度が高いことから高温での軟化抵抗が大きく、300~500°C での高温強さも高い利点を有する。

4) 機械的性質はマルテンサイト、オーステナイト組織および析出相により大きく影響を受ける。

5) 耐食、耐酸化性は従来の析出硬化ステンレス鋼とほぼ等しい値を示す。

文 献

- 1) 横田, 江波戸: 日本金属学会第 52 回講演会前刷, (1963), p. 69
- 2) 川畑, 横田, 渡辺, 江波戸: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 570

(140) 18Ni および 15Ni マルエージング鋼の常温ばね特性について (ばね用超合金の研究—VIII)

三菱製鋼

○金井 良昭・関 不二雄
上正原 和典・工博 内山 道良
On the Spring Properties of 18Ni and 15Ni Maraging Steels at Room Temperature.

(Studies on super alloys for spring—VIII)

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

1. 緒言

ばね用超合金の研究として筆者らは先に Refractaloy 26 型合金¹⁾および Inconel X 型合金²⁾を調査した

結果、高温特性に十分な期待をかけるにはまず常温特性をよく調査する必要があることを痛感した。今回の 18Ni および 15Ni マルエージング鋼^{8)~10)}もこの観点に立ち前回同様の方法による調査を進めている。本報では先の第 I 報および第 V 報と同様に 18Ni および 15Ni マルエージング鋼の常温におけるばね特性の調査結果を報告する。

2. 試料および実験方法

本実験に用いた試料は 100 kg 高周波誘導式真空溶解炉で溶製した合金を 165mm φ (底部); 205mm φ (頂部)×415mm (高さ) の寸法に真空中で造塊後、20mm φ に熱間鍛造したのち、熱間圧延、冷間引拔を行なつて最終径 4mm φ としたものでその化学成分を Table 1 に示す。

実験は次の 3 段階にしたがつて実施した。

- 1) 溶体化処理の特性: 組合せは Table 2 に示す。
- 2) 時効処理の特性: 組合せは Table 3 に示す。
- 3) 冷間加工と時効処理を組合せ施した時の特性: 組合せは Table 4 に示す。

これらの特性はすべて先の 4mm φ 試片に Table 2~4 に示す種々の組合せの処理を施したのものについて、ビッカース硬度計 (荷重 30 kg) による硬さ、およびアムスラー試験機 (秤量 10 t) による引張強さ、絞り、伸び (JIS Z 2001, 2 号試験片・標点 32mm) の測定を行なつた。

3. 実験結果

Table 2~4 の組合せにより処理した試片についての結果は次の通りである。

3.1 溶体化処理のみの影響

前記 4mm φ の試片に Table 2 の処理を施したもののについて、溶体化処理後の特性を求めた結果を Fig. 1 に示す。18Ni および 15Ni マルエージング鋼ともに処理温度としては 816°C 付近より顕著にその効果が現

Table 1. Chemical composition of specimen. (%)

	Ni	Co	Mo	Ti	Al	C	Si
18 Ni	18.37	8.38	5.55	0.60	0.05	0.018	0.14
15 Ni	15.45	9.18	5.24	0.78	0.81	0.022	0.02
	Mn	Zr	B	P	S	Cr	
18 Ni	0.08	0.01	0.002	0.004	0.006	—	
15 Ni	0.04	0.05	0.007	0.003	0.018	0.02	

Table 2. Solution treatment of specimens.

Solution temp. (°C)	Solution time (hr)	Solution temp. (°C)	Solution time (hr)
704(1300°F)	0.5	927(1700°F)	3
760(1400°F)		982(1800°F)	4
816(1500°F)	1	1038(1900°F)	
871(1600°F)	2	1093(2000°F)	

Table 3. Aging treatment of specimens.

Solution treatment ¹⁾		Aging treatment ²⁾	
Temp. (°C)	Time (hr)	Temp. (°C)	Time (hr)
816(1500°F)	2	371 (700°F)	0.5
		427 (800°F)	2
		482 (900°F)	9
982(1800°F)	2	538(1000°F)	44
		593(1100°F)	200
		649(1200°F)	

Rem. 1) Specimens were cooled in air down to room temperature after solution treatment.

4) Specimens were cooled in air down to room temperature after aging treatment.

Table 4. Cold reduction and aging treatment of specimens.

Solution treatment	Reduction (%)	Aging treatment	
		Temp. (°C)	Time (hr)
816°C (1500°F) × 2 hr	0, 19 25, 38 50, 44 73, 78 87,	316 (600°F)	0.5 2 9 44 200
		371 (700°F)	
		427 (800°F)	
		482 (900°F)	
		538(1000°F)	
		593(1100°F)	

われ、それ以上の温度では極めて徐々に強さの低下が見られる。処理時間は 0.5~4hr の間の変化では影響が認められない。

3.2 溶体化および時効処理の組合せによる影響

前記 4mm φ の試片に Table 3 の処理を施したもののについて、時効処理特性を求めた結果を Fig. 2~3 に示す。いずれも処理時間の長いほど最高値は低温度側に現われ、処理時間を短くすると高温側へずれてくることは、すでに筆者らが Refractaloy 26 型合金¹⁾および Inconel X 型合金²⁾について経験したことと同一の結果を示している。

3.3 冷間加工と時効処理の組合せによる影響

溶体化処理の終了した各種異なる径の試片を冷間引拔により最終径 4mm φ としたもの (加工率 0~87%) について Table 4 の処理を施し、その特性を求めた結果の一部を Fig. 4 に示す。Fig. 4 は 18Ni 型の冷間加工率と時効処理特性を 427°C 処理における断面で硬さを縦軸として示したものである。これによれば冷間加工による硬さの上昇はあまり望めず、時効処理時間の延長のほうがむしろ大きく効いている。すなわち処理時間の短い 0.5hr のものでは、89% の冷間加工を施してはなお $H_v 50$ 程度の上昇しかえられないのかかわらず、処理時間の長い 200hr のものでは冷間加工の影響は認められないことが示されている。

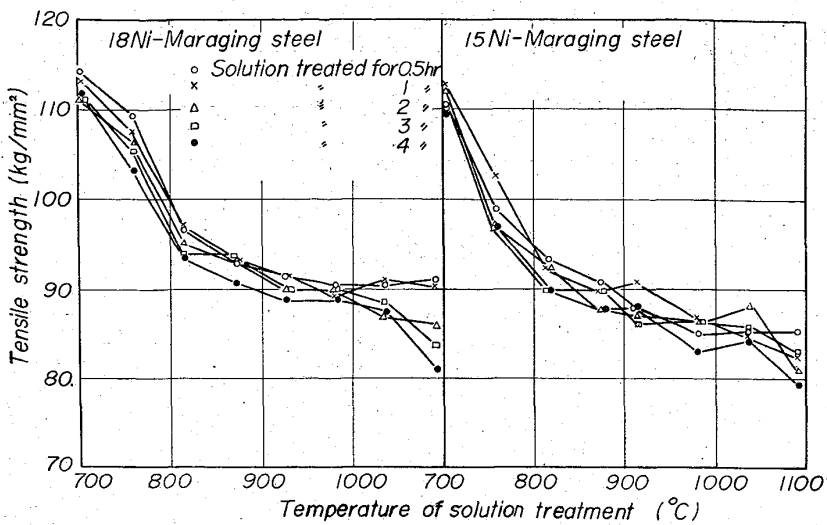


Fig. 1. Effect of the solution treatment on the tensile strength.

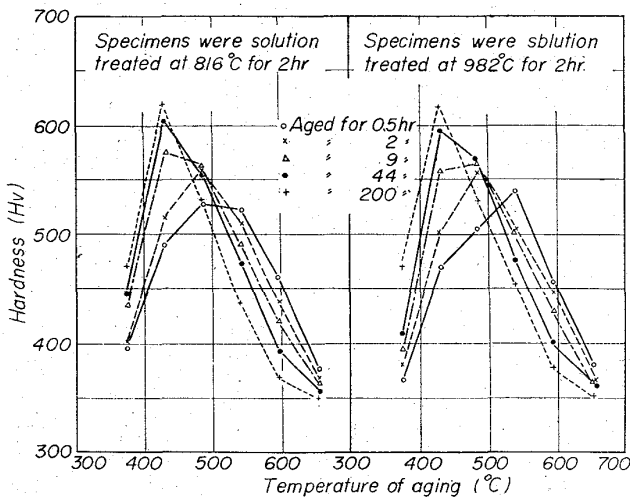


Fig. 2. Effect of the aging treatment on the hardness of 18Ni-maraging steel.

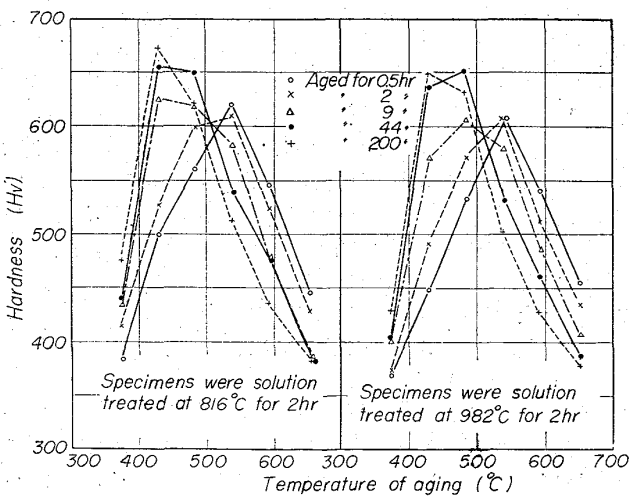


Fig. 3. Effect of the aging treatment on the hardness of 15Ni-maraging steel.

4. 結 言

以上の本実験の範囲内における 18Ni および 15Ni マ

ルエージング鋼の常温での特性は、

1) 溶体化適正温度は 816°C 以上であり、その保持時間は 0.5~4hr ではあまり差がない。

2) 溶体化および時効処理の組合せの場合では、溶体化処理温度として 816°C のほうが一般に 982°C のものより良い特性を得ており、時効処理条件としては低目の温度で長時間の処理を行なったもののほうが良い値を示している。538°C 以上の温度での時効処理はたとえ処理時間を短縮しても良い結果は得られない。18Ni および 15Ni 鋼ともに最良の状態は 427°C で 200hr の時効処理を施した場合である。

3) 冷間加工との組合せの場合では一般に冷間加工の影響はあまり期待された効果がなく、時効処理温度が特に低い

短時間処理の場合においてのみ冷間加工の影響が認められるに過ぎず、最適の時効処理を行なったものに比べて特性を改善する大きな要素となるものはないようである。

文 献

- 1) 上正原, 金井, 内山: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 617
- 2) 金井, 上正原, 関, 内山: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 619
- 3) 金井, 上正原, 関, 内山: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1577
- 4) 上正原, 関, 金井, 内山: 鉄と鋼, 49 (1963)

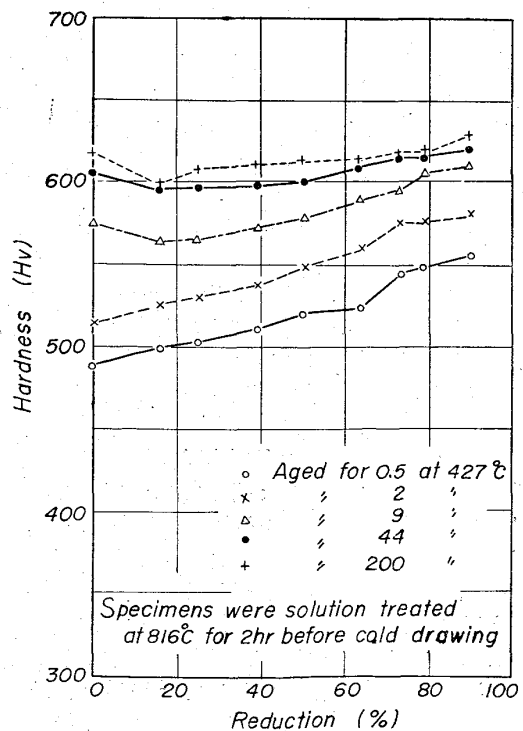


Fig. 4. Effect of the cold drawing on the hardness of 18Ni-maraging steel.

- 10, p. 1578
- 5) 関, 金井, 上正原, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 654
- 6) 金井, 関, 上正原, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 1998
- 7) 上正原, 関, 金井, 内山: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 960
- 8) SMITH, ANDERSON & BINGHAM: Metal Progress, 82 (1962) Nov., p. 103
- 9) POTENSKI: Metal Progress, 82 (1962) Oct., p. 100
- 10) S. FLOREEN and R. E. DECKER: Trans. Amer. Soc. Metals, 56 (1963), p. 403

(141) 18Ni および 15Ni マルエージング鋼の高温ばね特性について
(ばね用超合金の研究—Ⅰ)

三菱製鋼

○金井 良昭・関 不二雄

上正原 和典・工博 内山 道良

On the Spring Properties of 18Ni and 15Ni Maraging Steels at High Temperature.

(Studies on super alloys for spring—Ⅰ)

Yosiaki KANAI, Fujio SEKI

Kazunori KAMISHOHARA

and Dr. Michira UCHIYAMA.

1. 緒言

ばね用超合金の一連の研究の第Ⅰ¹⁾, Ⅱ²⁾, Ⅲ³⁾報で筆者らは, Refractaloy 26 型合金および Inconel X 型合金の高温ばね特性の研究結果について報告した。今回は第Ⅳ報の 18Ni⁴⁾ および 15Ni⁵⁾ マルエージング鋼の常温特性に引続き, 本鋼の高温ばね特性を調査した結果について報告する。

本報では第Ⅳ報の結果から選択した適正な熱処理を施した本鋼の圧縮コイルばねを昇温しながら高温ばね特性を測定した。試験はクリープラプチャー試験機を使用し, コイルばねに圧縮荷重を加えながら試験温度を 650°C まであげ, 荷重とたわみとの関係を測定し, 本鋼の高温における横弾性係数および振り比例限度を調査した。

2. 試料および実験方法

試料の製造方法は第Ⅳ報と同じであつて最終径 4mm φ とした, また冷間引抜により所定の減面率を必要とする試片は 5.5~9mm φ の素材から引抜いて 4mm φ で所定加工率となるように加工した。試料の化学成分は第Ⅳ報と同じである。

本実験における溶体化処理は第Ⅳ報の結果から 816°C × 2hr 空冷を適正溶体化処理として選択した。時効処理も第Ⅳ報の結果から選択し Table 1 に示す通りの温度 3 段階, 同処理時間 5 段階を組合せ施した。また冷間加工の影響を調査するための試片は 816°C × 2hr 空冷の溶

Table 1. Aging treatment of specimens.

Solution treatment	Aging treatment	
	Temp. (°C)	Time (hr)
816°C (1500°F) × 2 hr	427 (800°F)	0.5
	482 (900°F)	2
	538 (1000°F)	9
		44
		200

Rem.: Specimens were cooled in air to room temperature after heat treatment.

Table 2. Cold reduction.

Solution treatment	Cold reduction (%)
816°C (1500°F) × 2 hr	0, 17
	24, 36
	48, 62
	72, 80

体化処理後 Table 2 に示すような冷間加工率をほどこして, 4mm φ とした後時効処理を行なつた。

試片のコイルばねは第Ⅰ, Ⅱ, Ⅳ 報と同様に溶体化処理または冷間引抜を行なつた 4mm φ 線材を, 外径 30mm φ, 総巻数 7.5, 有効巻数 5.5, 自由長 101mm に成形した後時効処理をほどこしたものである。

3. 実験結果

Table 1~2 の処理を施した試片について次の結果を得た。

3.1 時効処理の影響

Table 1 に示す時効処理を行なつた試片について, まず常温で荷重と撓みとの関係を測定した結果を Fig. 1, 2 に示す。これによると 18Ni および 15Ni マルエージング鋼とも振り比例限度は単時間で急増する, 時効処理温度が 427°C の時は 200hr まで上昇し, 482°C では 2~9hr で最大値を示し, 538°C では 9hr 以上で次第に減少する。このように時効処理温度が高くなる程最大値が短時間側に現われることは, 第Ⅳ報の傾向と同じである。

また横弾性係数⁶⁾は溶体化処理のみを行なつたものは低いが, 時効処理を行なうと短時間時効処理でやや低いもの以外は 6000~7000 kg/mm² の範囲内にある。

これらの試片に一定荷重を加えたまま昇温し, 撓み量を測定すると荷重とたわみの関係から横弾性係数を, また昇温とともに永久変形をおこす荷重が小さくなることから振り比例限度の変化を知ることができる。以上の結果を Fig. 3~4 に示す。

これらによると横弾性係数は常温で約 6500 kg/mm² から昇温とともに次第に減少し, 400~500°C で急激に減少して 600°C で 3000 kg/mm² 程度になる。また時効処理時間の長短にはあまり関係なくほとんど同じ横弾性係数が得られる。

振り比例限度は常温から 400°C までは減少しないが, 450~500°C で急激に降下し 600°C では 40~60 kg/mm² になる。振り比例限度は時効処理温度, 同処理時