

Table 5. Crackability index of all specimens.

Ch. No.	Al addition(%)	Top	Middle	Bottom
No. 1	0			0 0 0
C 0.57	0.01			0 0 0 0
Si 0.06	0.03			0 0 0 0 0
Mn 0.25	0.05			0 0
P 0.018	0.10			0 0 0
S 0.011				
No. 2	0	5 5	5 5 5 5 5	5 5 5
C 0.50	0.01	0 0 0	0 0 4 0	
Si 0.29	0.03	0 0 0	0 0 0 0 0 0	0
Mn 0.54	0.05	0 0 0	0 0 0 0 0 0	0
P 0.013	0.10	0 0 0	0 0 0 0 0 0	
S 0.019				
No. 3	0	5 3 5 5	5 3 2 0	3 1 0 0
C 0.77	0.01	0 0 2 3	3 0 0	3 4 0 0 0
Si 0.49	0.03	3 0 3 0	2 2 3 1	0 0 0 4 3
Mn 0.64	0.05	2 3 1 3	4 1 4 3	5 5 5 5 5
P 0.013	0.10	4 4 3	5 4 3 4	0 5 5 5 3
S 0.045				
No. 4	0	2 3 4	4 4 2 4	4 0
C 0.72	0.01	4 4 2 3	4 4 2 3	4 4
Si 0.53	0.03	2 0 0 0	1 0 2 0 1	0 2 2 0
Mn 0.82	0.05	0 0 4 0	5 2 3 1 0	4 0 0 3
P 0.010	0.10	3 3 1	3 0 1 1 0	4 0 0 0
S 0.062				

No. 4 についても測定結果が分散して、有意差が認められない。すなわち、清浄度の非常に悪い試料でも、比較的焼割感受性の低いものもあり、またこれと反対のものもある。Fig. 2 は 1 群介在物すなわち粒界の共晶型硫化物のみを選び、これの面積率と焼割指数との関係とを求めると、No. 3 はこの種の介在物が少ないので明らかでないが、熔解 No. 4 は明らかに介在物の影響が認められる。面積率約 0.1% 以上から焼割指数が増大し、0.4% 程度になると約 4 になる。これは 2 回の焼入で割れることを意味する。非金属介在物の焼割感受性に対する影響は、結晶粒界に連鎖状または共晶状にあらわれる介在物が大きく、その他の微細に分散したものはあまり影響がないことが認められた。この試験で生じた焼割れは、端面から円周方向に走っていた。そして割れの生ずる時期は焼入直後ないしは数分後であり、マルテン化の膨脹にもとづく変態応力によるものと思われた。なお、焼割れ付近の組織を光学顕微鏡で観察したが、割目が介在物の間を縫っているものもかなり認められた。

IV. 結 言

以上、高周波焼入における鋼の焼割感受性について、非金属介在物を中心にしらべたが、これのみでは説明のつかぬ結果も多い。しかし、熔解 No. 4 のものは明らかに介在物の影響が認められ、一次晶粒界にあらわれる共晶型硫化物が面積率 0.1% 以上存在すると、焼割感受性が増大した。その他、試料の偏析、オーステナイト結晶粒度もあわせて検討したので、これらについて報告

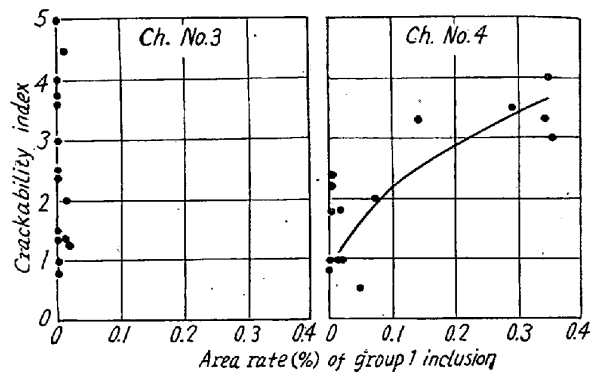


Fig. 2. Relation between area rate (%) of group I inclusion and crackability.

する次第である。

文 献

- 1) SIMS C. E. and F. B. DAHLE: Trans. Am. Foundrymen's Assoc., 46 (1953)
- 2) S. L. CASE. and K. R. VAN HORN: Aluminum in Iron and Steel (1953)
- 3) R. D. CHAPMAN, and W. E. JOMINY: Metal Progress, (1953) Sept.
- 4) 三谷, 広瀬, 小林: 大阪府工業奨励館報告, No. 4~2, (1952)

(148) 各種バネ鋼線の比較調査

(ステンレスばね鋼線の研究—I)

大同製鋼研究所

○藤原 達雄・本宮 泰雄

Comparative Test on Spring Wires of Different Stainless Steels.

(Study on spring wires of stainless steels—I)

Tatsuo Fujihara and Yasuo Motomiya.

I. 緒 言

現在実用に供されているステンレスばね鋼線は Table 1 に示すように 18Cr-8Ni のオーステナイト系 17Cr-7Ni-1Al の析出硬化型 (17-7PH) および Cr 系マルテンサイト鋼の 3 種類に大別される。この中析出硬化型の 17-7PH は優秀な機械的性質および耐蝕性を有しているにもかかわらず高価なためにその使用範囲が制限されている。また Cr 系マルテンサイト鋼線は安価ではあるが AISI 431 (16Cr-2Ni...SSRI) を除いて他の 2 鋼種は (AISI 414, 420) 耐食性があまり良好ではなく加うるに熱処理の困難性からあまり広範囲には使用されていない。

その結果現在まで主としてばね用鋼線としては線引加

Table 1. Chemical compositions and properties of some stainless steels for spring wire.

Types	Chemical compositions %							Properties
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	
AISI 302 (18—8)	0.08 } 0.15	<1.00	<2.00	17.00 } 19.00	7.00 } 10.00			(1) Austenitic series. (2) Spring wire of stainless steel used in general. (3) Heat-resistance up to 288°C and a resistance to subzero temperatures. (4) Rigidity modulus $C=7,000 \text{ kg/mm}^2$.
AISI 304 (18—8)	<0.08	<1.00	<2.00	18.00 } 20.00	8.00 } 11.00			(1) Austenitic series. (2) Fairly similar properties to those of AISI 302. Better bedding property but about 5% lower tensile strength than those of type 302. (3) Used in place of 302 for parts under not so high stresses. (4) Rigidity modulus $G=7,000 \text{ kg/mm}^2$.
AISI 316 (18—12—2)	<0.08	<1.00	<2.00	16.00 } 18.00	10.00 } 14.00	2.00 } 3.00		(1) Austenitic series. (2) Similar to AISI 302, but having better corrosion-resistance. (3) About 10-15% less tensile strength than that of type 302. (4) Used for aircraft springs. (5) Rigidity modulus $G=7000 \text{ kg/mm}^2$.
17—7PH	0.07			17.00	7.00		Al 1.10	(1) Precipitation-hardening type. (2) A tensile strength near to that of piano wire is obtainable. (3) Rigidity modulus $G=7,700 \text{ kg/mm}^2$.
AISI 414	0.08 } 0.15	<1.00	<1.00	11.50 } 13.50	1.25 ~ 2.50			(1) Martensitic series. (2) Rigidity modulus $G=8,200 \text{ kg/mm}^2$.
AISI 420	0.30 } 0.40	<1.00	<1.00	12.00 } 14.00				(1) Martensitic series. (2) used for springs of automatic guns. (3) Rigidity modulus $C=8,200 \text{ kg/mm}^2$.
SSRI (AISI 431)	<0.20	<1.00	<1.00	15.00 } 17.00	1.25 } 2.50			(1) Martensitic series. (2) Nearly equal tensile strength to that of piano wire. (3) Used for sea-water resisting stainless steel wire. however corrosion-resistance in general is somewhat lower than that of AISI 302. (4) Rigidity modulus $G=8,200 \text{ kg/mm}^2$.

工のみで簡単に抗張力の上昇する 18Cr-8Ni のオーステナイト系のものが使用されていた。(もつとも普遍的には AISI 302 が使用されている)。しかしながら 18Cr-8Ni のオーステナイト系のものは Cr 系マルテンサイト鋼のものに比較して耐食性は良好であるが (1) 高 Ni のために価格が高い。(2) 剛性率 G が低い。(ピアノ線および Cr 系マルテンサイト鋼… $8,200 \text{ kg/mm}^2$, 18Cr-8Ni… $7,000 \text{ kg/mm}^2$) などの欠点を有している。

ここにおいてわれわれは (1) 安価で (2) 耐食性が良好で (3) 剛性率 G が高い (約 $8,200 \text{ kg/mm}^2$)、Cr 系マルテンサイト鋼線を発展させるべく C, Mn, Cr, Ni の量を変化させた数鋼種を試作し現用ステンレスばね鋼線と比較して諸種の基礎試験および実用試験を行なった。

II. 試料の調製および実験方法

供試材は Table 2 に示すように 18Cr 鋼(440—1, 2, 3), 13Cr 鋼(SUS 23), 16Cr-2Ni 鋼(AISI 431…SSRI), 16Cr-2Ni 鋼の Ni を Mn で置換したもの(AZS 1, AZS 2) 18Cr-8Ni 鋼 (SUS 6, 27, 32) の 5 種類としそれぞれ高周波誘導炉または電気弧光炉で 50 kg ないし 500 kg の鋼塊を熔製し 8φ 線材に圧延後適当な寸法まで線引加工を行ない硬度試験、顕微鏡組織機械的性質、腐食試験などの一連の基礎試験ならびに簡単な実用試験を行なった。

III. 実験結果

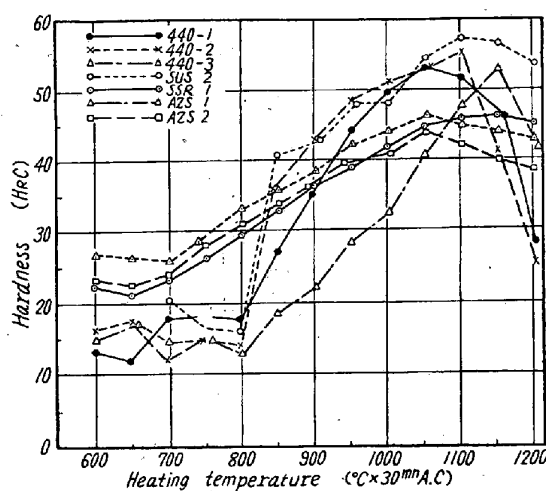
(1) 硬度試験、顕微鏡組織および変態点

Fig. 1 は焼入温度と硬度との関係を示したものである。

Table 2. Chemical composition of specimens.

Types	No. Ch.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Melting* method
440—1	Y 704	0.46	0.35	0.69	0.025	0.010	0.14	0.20	16.80		I F (200 kg)
440—2	Y 706	0.56	0.37	0.71	0.027	0.011	0.17	0.23	16.65		" "
440—3	Y 806	0.33	0.31	0.44	0.029	0.013	0.15	0.32	17.69		" "
SUS 23	F 3051	0.33	0.41	0.78	0.030	0.008	0.15	0.16	12.92		A F (500 kg)
SSR 1 (AISI 431)	Z 2785	0.16	0.24	0.63	0.024	0.017	0.17	2.19	16.49		" "
	Z 2971	0.18	0.62	0.83	0.028	0.015	0.16	2.32	15.77		" "
	Y 113	0.16	0.52	0.46	0.018	0.021	0.05	2.11	15.74		I F (200 kg)
AZS 1	Y 856	0.16	0.43	2.98	0.022	0.010	0.11	0.72	16.51		" "
AZS 1	Y 858	0.16	0.48	3.89	0.023	0.010	0.14	0.20	16.46		" "
SUS 27		0.05	0.65	1.45				9.26	18.97		A F (500 kg)
" 6	W 263	0.09	0.84	1.65	0.018	0.018	0.03	8.30	18.69		I F (50 kg)
" 27	Z 3290	0.07	1.01	1.62	0.032	0.007	0.10	8.84	18.34		A F (500 kg)
" 32	E 3239	0.05	0.68	2.11	0.020	0.006	0.11	12.62	18.34	2.36	" "

* IF.....Induction furnace AF.....Arc furnace

Specimen 8 ϕ $\times$ 15 l
Fig. 1. Effect of heating temperature on hardness.

が、純 Cr 系の 18Cr, 13Cr 鋼 (440—1, 2, 3 SUS 23) は 850°C 以上から硬化し始め最高硬度は Cr 量および C 量によって多少こととなるがそれぞれ 1050~1150°C の間に存在し、それ以上の温度になると残留オーステナイトあるいはフェライトの出現のために硬度が低下する。なお最高焼入硬度は HRC 52~58 である。16Cr-2Ni の AISI 431 (SSR 1) は 700°C 以上から硬化し始め最高硬度は 1150°C の加熱温度で HRC 47 が得られ、それ以上の温度ではフェライトの出現のために硬度が低下する。

なお AISI 431 (SSR 1) の加熱変態点 (本多式全膨脹計で測定) は 778°C である。

つぎに 16Cr-2Ni 鋼の Ni 1.5% を Mn 3% で置換した AZS 1 および Ni 2% を Mn 4% で置換した AZS 2 は 700~750°C で硬化し始め 1050°C で最高硬度 HRC 44~47 が得られ、それ以上ではフェライトの出現のために硬度が低下する。

この高温においてフェライトの出る割合は 16Cr-2Ni の Ni 全量を Mn で置換した AZS 2 の方が Ni の一

部を Mn で置換した AZS 1 よりも大きい。また加熱温度の上昇にともなう硬度の増加割合および最高焼入硬度は 18Cr, 13Cr の純 Cr 鋼の方が 16Cr-2Ni 鋼あるいはこれを修正した 16Cr-3Mn-0.5Ni (AZS 1), 16Cr-4Mn (AZS 2) よりも大きな値を示している。

焼入温度と硬度の関係は各鋼種とも 300°C 位まではマルテンサイトの分解のために硬度が低下しそれ以上 500°C 位までは残留オーステナイトの分解、微粒炭化物の析出などによって硬度が上昇している。550°C 以上の焼入温度では普通の鋼と同じように析出炭化物の凝集が進むと同時に急激に硬度が低下している。

(2) 焼入温度と機械的性質

Fig. 2 に焼入温度と機械的性質の関係を示すが、各鋼種とも 300~400°C 焼入でマルテンサイトの分解による抗張力の低下、靱性 (絞り) の増加をまた 500°C の焼入ではこれと逆に二次硬化にもとづく抗張力の上昇、絞りの低下を示している。

そして AISI 431 (SSR 1) は他の鋼種とは異なつて焼入のままで約 40% 位の絞りを示し、あらゆる焼入温度において高抗張力高靱性の優秀性を現わしている。

(3) 腐食試験

40% HNO₃ 沸騰溶液に対する耐食性は Fig. 3 に示すように 13Cr, 18Cr, 16Cr-4Mn の順に良好となり 16Cr-3Mn-0.5Ni (AZS 1), 16Cr-2Ni (SSR 1), 18Cr-8Ni, 18Cr-8Ni-2Mo の 4 鋼種間には焼入温度 500°C 位までは大差は認められず非常に優秀な耐食性を示すがそれ以上の温度では SSR 1, AZS 1 の耐食性は若干低下する。

18Cr 鋼のうちでは C による差が明瞭に認められその含有量が 0.56% から 0.33% に低下するにしたがつてその耐食性はいちじるしく改善される。

(4) 捲ばね荷重試験

捲ばねの荷重試験結果は Table 3 に示す通りであるが、その横弾性係数 G は炭素鋼線および SSR 1 が約 8,200 kg/mm² であるのに対して、オーステナイト系

Table 3. Result of load test of coil springs.

	Carbon steel wire (music wire)	16 Cr-2Ni martensitic stainless steel wire	18 Cr-8Ni austenitic stainless steel wire
Diameter of wire: d mm	2.6	2.6	2.6
Mean diameter: D mm	9.65	9.8	11.6
Free height: L_0 mm	76.4	77.5	81.4
Effective coiling numbers N_e	18	18	17.5
Coiling direction	Dextra	Dextra	Sinistra
Load test { Compressed height: L_c mm	66.4	67.5	71.4
Deflection: δ mm	10	10	10
Load: P kg	29	27.6	14.3
Modulus of elasticity: $G = 8NeD^3P/\delta d^4$ kg/mm ²	8250	8190	6850

Kind	Specimen	Hardening
440-1	2.5 ϕ Wire	1100°C A.C.*
440-3	" "	" "
SUS 3	JIS No. 4 (Diameter of gauge length 7 ϕ)	750°C $\times$ 30' Pre-heating 1025°C $\times$ 10' O.Q.
SSR 1 (AISI 431)	1.7 ϕ Wire	1100°C A.C.*
AZS 1	2.5 ϕ "	" "
AZS 2	" "	" "

* Continuous hardening

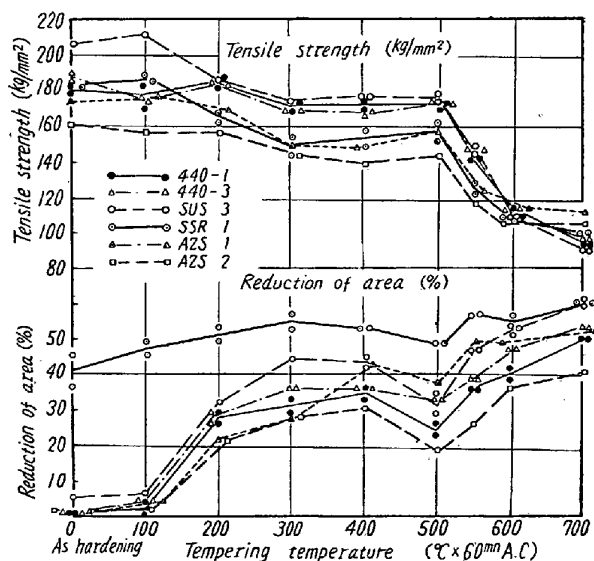


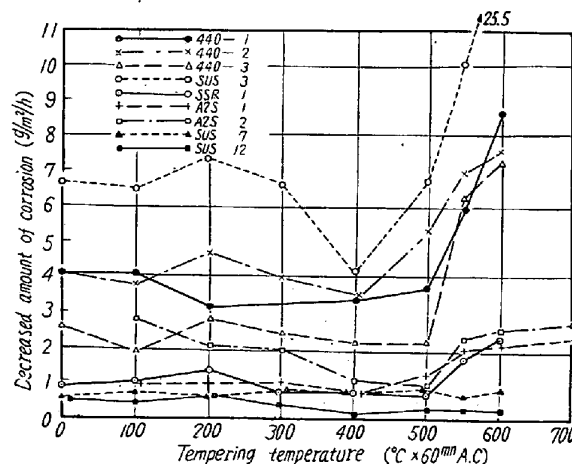
Fig. 2. Effect of tempering temperature on mechanical properties.

の 18Cr-8Ni 鋼線は約 7,000 kg/mm² と小さな値になっている。

VI. 結 言

(1) 16Cr-2Ni 鋼 (SSR 1) は高抗張力、高靱性の機械的性質の優秀性とともなその耐食性も良好であつて使用条件によつては 18Cr-8Ni に匹敵し得る。

(2) 16Cr-2Ni 鋼 (SSR 1) の Ni の一部あるいは全部を Mn で置換したものは機械的性質が若干悪くなる (靱性の低下)。また耐食性もやや低下するように思われる。



- (1) Specimens 7 ϕ $\times$ 60 l
- (2) Hardening 1100°C W.Q.
- (3) Continuous boiling in the liquid of 40% weight HNO₃ (8 hours)

Fig. 3. Results of corrosion test.

(3) 純 Cr 鋼は前二者に比較して耐食性が低下したた靱性も悪い。ただし耐食性は Cr が増すほど、C が減少するほど良くなることはいうまでもない。

(4) ステンレスばね鋼線として総ての面より (1) 項の SSR1 が最もすぐれている。

今後ともこの鋼種は家庭電気器具、通信機器、鉱山その他の耐食性、強さを必要とする場所におおいに使用されることが期待される。

(149) 16Cr-2Ni ステンレスばね鋼線 におよぼす C, V, B の影響

(ステンレスばね鋼線の研究—II)

大同製鋼研究所

○藤原 達雄・本宮 泰雄

Effect of Carbon, Vanadium and Boron
on Spring Wire of 16Cr-2Ni Stainless
Steel.

(Study of stainless spring steel wire—II)

Tatsuo Fujihara and Yasuo Motomiya.