

疲労強度が大きくなるという傾向が認められた。この事実はオーステナイト鋼の窒化処理が切欠を有する一般機械部品に対して極めて有効であることを示すものである。

(124) Mn 系非磁性鋼の研究

特殊製鋼

工博 山中直道・日下邦男・○外岡 耀

Study on Non-Magnetic Manganese Steels.

Naomichi Yamanaka, Kunio Kusaka
and Akira Tonoooka.

I. 緒 言

最近大型のタービン発電機が製造されるにともない。回転子の一端に使用する非磁性鋼エンド・リングにかなりの高降伏点及要求されるようになり各方面で研究されつつある。高降伏点オーステナイト鋼を大別すると熱処理によつて性能を出すものと冷間または温間加工によつて降伏点を上昇せしめるものとの二つになる。前者については著者らは昨年の講演において 19Cr-10Ni 系オーステナイト鋼におよぼす各種添加元素の影響について報告し N_2 添加が降伏点の上昇にきわめて有効であることを報告した。今回は冷間または温間加工によつて降伏点を高めて使用される Mn 系オーステナイト鋼の各種について添加元素の影響をしらべたものである。供試材は Table 1 に示すようなものであり 35 kVA 高周波誘導炉によつて 7 kg 鋼塊を熔製しこれを 16φ に圧延して使用した。

II. 実験結果

A) 18Mn-3Cr 系

添加元素の影響としては C 0.5, Si 0.4, Mn 18 のものに Cr を種々に添加した Mn 18, Cr 4.5 に一定にして C を変化させてその影響をみた。

(1) 機械的性質

1050°C 油冷状態では降伏点は低く伸び、絞り是非常に大であり、Cr 添加量の多くなるにつれて降伏点は次第に上昇するが伸び、絞り、衝撃値は Cr 3~4% で最高となりこれ以上 Cr の増加につれて低下する。常温で 15% 加工を行なうと降伏点はいちじるしく向上し 70 kg/mm² 以上となり Cr の多いほど大となるが、伸び、絞りは Cr 3~5% で最大となる。20% 冷間加工を行うと降伏点は 90 kg/mm² 以上に上昇する。つぎに 400°C にて 23% 温間加工を行つた結果は Fig. 1 (B) に示すと

Table 2. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
HMN							
— 6	0.54	0.51	18.56	0.034	0.010		0.08
— 7	0.55	0.48	18.58	0.038	0.011		2.93
— 8	0.53	0.52	18.70	0.034	0.010		5.07
— 9	0.53	0.53	18.60	0.033	0.010		8.07
—10	0.53	0.56	16.30	0.038	0.009		10.33
—11	0.46	0.62	17.19	0.047	0.009		4.85
—12	0.56	0.61	17.43	0.041	0.011		4.71
—13	0.72	0.61	17.77	0.048	0.008		4.58
—14	0.77	0.64	17.75	0.051	0.009		4.62
—15	0.35	0.39	8.27	0.025	0.012	6.95	5.72
—16	0.42	0.39	8.36	0.025	0.013	6.75	5.81
—17	0.54	0.40	8.48	0.024	0.010	6.89	5.77
—18	0.62	0.39	8.36	0.027	0.010	6.55	5.70
—19	0.78	0.47	9.27	0.028	0.015	6.60	4.25
—20	0.83	0.41	8.48	0.028	0.009	6.67	5.88
—34	0.67	0.72	7.94	0.022	0.016	6.53	3.03
—35	0.66	0.33	7.92	0.021	0.018	6.50	4.12
—36	0.68	0.34	8.03	0.026	0.018	6.45	5.05
—37	0.70	0.38	7.97	0.028	0.019	6.30	5.99
—38	0.70	0.40	7.76	0.028	0.020	6.45	7.02
—26	0.10	0.35	5.90	0.026	0.019	10.23	12.15
—27	0.21	0.34	6.08	0.026	0.020	10.32	12.15
—28	0.29	0.37	6.02	0.026	0.015	10.13	12.07
—29	0.40	0.39	6.06	0.030	0.014	10.13	12.33

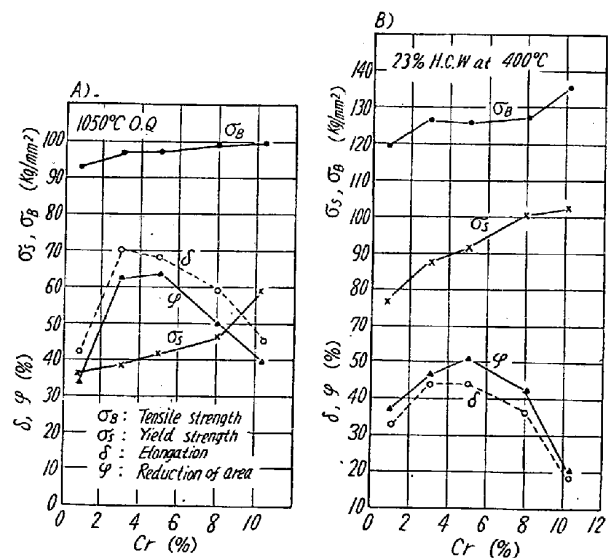


Fig. 1. Effect of Cr on the mechanical properties of 0.55C-18Mn-3Cr type non-magnetic steel.

おりで降伏点は Cr の多くなるにつれて大となるが伸び絞りは Cr 3~6% で山を生ずる。加工温度を上昇して 650°C にて 15% 温間加工を行うと 400°C の場合にくらべて降伏点の上昇が少いのはもちろんであるが炭化物析出によつて伸び、絞りの低下がいちじるしい。したがつて降伏点を上昇せしめるための温間加工温度は 400°C 以上に上昇しないようにする必要がある。

(2) 導磁率

1050°C 油冷状態では Cr を含まぬものも完全オーステナイトで導磁率は 1.003 である。10φ→9φ引抜（加工率19%）の冷間加工によつては導磁率は変化せず10φ→8φ引抜（加工率36%）加工によつて Cr 3% 以下のもののみμがやや大となつて 1.007 となる。さらに冷間加工度を大にして 44% とすると Cr 添加を行わないものは μ 1.035 に上昇するが Cr の多くなるにつれて μ は小となり Cr 5% 以上では 1.012 となる。つぎに 1050°C 油冷および 44% 冷間引抜加工したものを 600°C に加熱してμの変化をみた。すなわち 1050°C 油冷後 600°C に加熱すると Cr をふくまないものは次第に μ が大となり 24 h 加熱で 1.08 に上昇する。Cr 添加量が多くなるにつれて加熱による μ の増加が少なくなる。44% 冷間引抜加工を行つたものを 600°C に加熱すると Cr 添加をしないものは加熱時間 24 h までは μ は急激に増大して 1.075 に達するがそれ以上加熱時間が長くなると μ は減少し 1,000 h で 1.003 に低下する。Cr を添加すると加熱による μ の増加の程度が少なくなる。

(3) 耐食性

40% HNO₃ 沸騰腐食試験の結果 Cr 3% 以下のものは耐食性が非常にわるいが Cr が 5% 以上になるといちじるしく改善される。つぎに 36% 冷間引抜加工せるものを 40% HNO₃ 常温腐食試験を行つたがこの場合にも Cr 3% 以下のものは非常に耐食性がわるい。

B) 8 Mn-6 Ni-5 Cr 系

添加元素の影響としては C 0.7, Mn 8.0, Ni 6.0, Cr 5.0 のものを標準成分として C および Cr を変化せしめた。

(1) 機械的性質

1050°C 油冷の状態では降伏点は低く伸び、絞り是非常に大きく 60% 以上の値を示すが C が 0.8% 以上になると急激に低下する。15% および 20% 冷間加工によつて降伏点はいちじるしく向上し、C の増加によつて高い値を示すが伸び、絞りは C が 0.7% 以上になると低下する。つぎに 400°C および 650°C にて温間加工を行つてのち機械試験を行つた。Fig. 2 (B) は 400°C, 20% 加工後の結果を示すもので降伏点は C の上昇につれて非常に向上するが伸び、絞りは C 0.8% 以上で低下する。650°C 15% の温間加工では降伏点の上昇は比較的少なく、したがって伸び、絞りの低下もいちじるしくはないが衝撃値は C が 0.6% 以上になると 5 kg-m/cm² に低下する。650°C 20% 温間加工では降伏点は 70 kg/mm² 以上に向上するが伸び、絞りは C の上昇につれていちじるしく

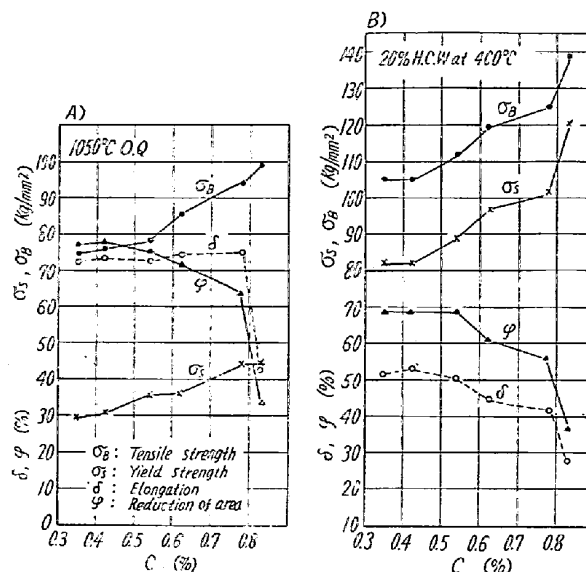


Fig. 2. Effect of C on the mechanical properties of 8 Mn-6 Ni-5 Cr type non-magnetic steel.

低下する。よつて本鋼種の場合にも炭化物析出のいちじるしくない温度で加工硬化をあたえなければならない。つぎに C 0.7% に一定にして Cr を変化させた場合は、400°C, 650°C 温間加工後の伸び、絞りは Cr 5% で最大となり、それ以上 Cr が多くなると低下する。

(2) 導磁率

1050°C 油冷状態では C の低いものも μ 1.005 を示すが、19% 冷間引抜加工をすると C 0.35% のものは 1.023 となり、36% 加工によつて 1.084 にまで上昇する。44% 冷間引抜加工を行うと C の高いものは μ 1.03 となり、C 0.35% のものは 1.45 に上昇する。このように C の低いものは冷間加工によつてオーステナイトが分解しやすいことを示す。また Cr の低いものも冷間加工によつて μ の増加が大となる。36% 冷間引抜加工せるものを加熱すると 400°C では 24 h 加熱によつても殆ど μ は変化しないが、600°C に加熱すると 2 h で μ は 1.08 に増大し、その後加熱時間が長くなると次第に大となり 100 h 加熱で 1.3 に達する。

6 Mn-10 Ni-12 Cr 系については会場にて報告する。

III. 結 言

以上試験の結果 18 Mn-3 Cr 系のものは 1050°C 油冷状態では非常にねばく降伏点も低い加工硬化を与えることにより降伏点はいちじるしく向上する。加工温度が高くなると炭化物析出により伸び、絞りが低下するので 400°C 以下がのぞましい。Cr は 3~6% で機械的性質が最もすぐれる。なお本鋼種はオーステナイトが非常に安定である。

つぎに 8 Mn-6 Ni-5 Cr 系のものも加工温度が 650 °C になると炭化物を析出して伸びが低下する。また冷間加工を施したものを 400 °C に加熱した場合には導磁率はほとんど変化しないが、600 °C に加熱すると導磁率が急激に大となることが判明した。

(125) オーステナイト高 Mn 鋼の炭化物析出におよぼす Ni, Cu の影響

東北大学金属材料研究所

工博 今井勇之進・〇斎藤利生・中沢 巖

Effect of Ni and Cu on Carbide Precipitation of Solution-Treated Austenitic Manganese Steel.

Yunoshin Imai, Toshio Saito and Iwao Nakazawa.

I. 緒 言

高 Mn 鋼に対する Ni の添加は溶接棒または鋳物用としてすでに一部実用に供されており、再加熱による脆化が少ないとされている。この Ni の効果はオーステナイトを安定化して再加熱による炭化物の析出を阻止するためと予想されるが、この種の鋼種について炭化物の析出に関する報告の例はみられず、僅かに機械的性質におよぼす影響がみられるに過ぎない。

著者等は前報でハッドフィールド鋼の炭化物析出におよぼす微量の V, Ti, Zr の影響を調べて、これらの元素がいずれも標準鋼材に比べて炭化物析出を促進することを明らかにした。本報ではオーステナイトを安定化する元素として Ni および Cu を選び、炭化物析出におよぼす影響を確かめてみた。

II. 実験試料および方法

供試材の分析結果は Table 1 に示した如くで、高周波炉により 3.5 kg 鋼塊を溶製、熱間鍛伸して 10 mm ϕ および 6 mm ϕ 丸棒とした。

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Specimen No.	C	Si	Mn	N	Added element
H 1	0.90	0.50	15.29	0.013	—
H 2	0.99	0.59	15.45	0.020	Cu 3.02
H 3	0.93	0.52	14.83	0.012	Ni 3.16

供試料はオーステナイトを安定化する Ni, Cu の影響を確かめるため、特にハッド・フィールド鋼の C の低目の範囲を選んだものである。試料は 1050 °C $\times$ 1/2h WQ

の溶体化処理を施したのち、350~900 °C の各温度に最大 100 h 迄の各時間恒温保持し水冷した。

炭化物の析出は前報と同様主として光学顕微鏡により測定し、その他硬度計、示差膨脹計、弾道磁力計などを利用した。検鏡用試片の大きさは 10 mm ϕ $\times$ 5 mm 厚で前報と同じ要領により電解面について検鏡した。ただし Cu を含有する H2 試料の電解に際しては、前回の電解条件では極めてきたない電解面となつたが、一次電圧を 50V に低下して同じ電流密度で約 20 s 電解すると清浄な電解面が得られた。

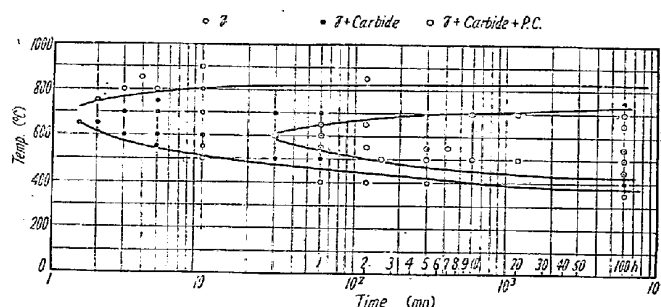


Fig. 1. Isothermal precipitation diagram for H1 steel, solution-treated and reheated.

III. 実験結果

1) 低 C 鋼の炭化物析出

本実験の基準材とした H1 試料の C 曲線測定結果は Fig. 1 に示した。前報に報告した C 1.2%, Mn 13.71 % の標準ハッドフィールド鋼の C 曲線と比べると、全般的な曲線の形態は同様であるが、析出温度範囲が狭くなりかつ析出時間が遅くなっている C 低下の影響が明瞭に認められる。すなわち、粒界炭化物生成線は約 700 °C をノーズとする C 曲線であるが、ノーズの生端の析出時間の遅れは C の低下により僅かしか変化していない。之に対して析出温度区間は標準鋼の約 300~900 °C の広い区間に対して、約 380~830 °C と狭い範囲に変化している。

一方、P. C. 生成線はノーズの先端がいちじるしく後退していると同時に、温度区間も標準鋼の約 370~780 °C に比べて、430~740 °C の狭い範囲に縮小されている。

析出物の形態は前報といちじるしい変化はないが、特異な点としては低温域の長時間保持においても針状（板状）析出が見られないこと、および P. C. 析出線の後退により 700~750 °C 付近で現われる粒界炭化物フィルム（凝集）のいちじるしいことなどが挙げられる。P. C. 析出のいちじるしい範囲で長時間保持した試料には前報で述べたと同様、常温で ϵ が現出している。