高強度非磁性 17Cr-15Mn-0.35N ステンレス鋼の諸性質*

Properties of High Strength, Non Magnetic, Austenitic 17%Cr-15%Mn-0.35%N Stainless Steel.

関口 力**・芳賀 稔**・新井 宏**

Tsutomu SEKIGUCHI・Minoru HAGA・Hiroshi ARAI

高 Mn オーステナイト系である 17Cr-15Mn-0.35N ステンレス鋼の諸性質を、ばね材への応用の立場から調査し、Cr-Ni 系の 301, 304 その他等と比較検討した結果、以下のことが分かった。高 Mn のため多量の N 添加が可能で、高 C と共に高 N とすることによる固溶強化と、これらオーステナイトフォーマーの多量添加に基づく組織安定化により、高強度および完全非磁性となる。冷間加工材の低温焼鈍による強度上昇は Cr-Ni 系の 301 より大きく、また軟化開始温度もこれより 200℃ 程度高温側の 650~700℃ 付近にある。またこの温度範囲では過時効(長時間加熱)による強度低下も非常に緩慢である。短時間引張試験により常温から 800℃ 間の高温強度を測定したところ、いずれの Cr-Ni 系ステンレス鋼、耐熱鋼よりも大であった。以上からこの材料は高強度、非磁性ばね材の他、例えば自動車エンジンガasket のような耐熱ばね用途にも期待がもたれると考えられる。

Properties of 17%Cr-15%Mn-0.35%N austenitic stainless steel were investigated for its application to spring use, compared with other Cr-Ni type 301, 304 and so on.

This stainless steel has high strength and maintains its low magnetic permeability even after large amounts of cold working. Increasing of the hardness and the threshold value of spring by aging of this steel in the as rolled condition is larger and its softening start temperature is 650 to 700℃, about 200℃ higher than those of type 301 steel. Decreasing rate of its hardness by so high temperature overaging as 700 to 800℃ is very slow. The elevated temperature strength of this steel by short time tensile test was compared with the other Cr-Ni stainless and heat resistant steels; type 304, 310 and so on. This steel has the highest strength at the temperature range of RT to 800℃ among these steels.

This stainless steel is used where high strength and low magnetic permeability are required. And also this steel is expected to be used for elevated temperature spring such as metal packings for automotive engine peripheries: cylinder head gasket, exhaust manifold gasket, and so on.

1. まえがき

ステンレス鋼の用途で高強度やばね性を要求される場合、一般には Cr 系のマルテンサイトステンレス鋼(例えば、420 J 2)や析出硬化系材料(631)の他、オーステナイト系の 301, 304 等、冷間圧延を利用した加工誘起マルテンサイト析出材が用いられる。一方、電気電子機器用材料ではしばしば非磁性要求がこれに付加されるが、このような場合前記の材料は使用できず、高強度非磁性材料が求められる。

本鋼は高 Mn, N 系の完全オーステナイトステンレス鋼で、常温で高強度であり、冷間加工による硬化が大

きく、加工しても透磁率の上昇が非常に少ない。また最近の調査では、この材料は良好なばね性も示すと共に、ある程度的高温域までこれを維持していることが分かり、高強度非磁性に加えて、ばね用途(ある程度的高温使用も含めて)にも期待がもたれると考えられる。本報ではこれら各特性の調査報告を行うと共に、従来鋼の Cr-Ni 系ステンレス鋼 301, 304 その他との比較検討も行ってみた。

2. 供試材

供試材は表 1 に示す組成の高 Mn 系オーステナイトステンレス鋼(NTK S-4)であり、その素材は 50ton アーク炉及び AOD 精錬による連続铸造スラブを、熱間圧延により板厚 3.0mm のホットコイルとした後、1050℃ で溶体化処理したものである。次いでこれを冷間圧延により板厚 0.8~1.5mm とし 1050℃ で溶体化処理した

原稿受付日 1990年9月28日

* ばね技術研究会 1989年度秋季講演会にて発表

** 日本金属工業(株) 研究開発本部 研究部(Research and Development Headquarters, Nippon Metal Industry Co., Ltd.)

後、再度、冷間圧延(または溶体化処理+冷間圧延の繰返し)により適当な板厚に仕上げ、加工硬化性および各種ばね特性試験に供した。その他の各試験には、前工程での適当な板厚のものを使用した。

表1. 化学成分 (%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N
範囲	0.25 以下	1.00 以下	14.00 ~16.00	0.060 以下	0.030 以下	1.00 ~2.00	16.00 ~18.00	0.50 以下
供試材	0.17	0.43	14.69	0.026	0.002	1.30	17.72	0.35

表2. 機械的性質の例

(板厚 0.8mm)				
鋼種	引張強さ(Kgf/mm ²)	耐力(Kgf/mm ²)	伸び(%)	硬さ(HV)
供試材	87	61	52	273
304	58	29	55	162
301	76	29	60	171

図1. 加工硬化性 (硬度)

図2. 冷間加工度と透磁率

3. 焼鈍材の機械的性質

表2に焼鈍材(1050℃溶体化処理)の機械的性質を他の比較材と共に示す。301や304に比較して高強度であると共に、オーステナイト系材料であるため延性もこれらとほぼ同等のレベルにある。

4. 加工硬化特性

図1に冷間加工率と硬度との関係、図2に同じく透磁率との関係を、他の比較材と共に示す。301や304に比較して硬質である。また磁気的性質についても焼鈍および冷間加工状態共に、301、304よりは勿論、従来の非磁性鋼種305よりも透磁率が低いので、ステンレス鋼の中では非磁性高強度としてのユニークな性質を示す。

図3. 低温焼鈍材性質 (硬度)

図4. 低温焼鈍材性質 (バネ限界値)

EH材

図5. 低温焼鈍材性質 (ばね限界値)
H材

図6. 高温長時間加熱試験結果

図7. 高温短時間引張試験結果

図8. 疲労試験結果

5. 低温焼鈍特性

図3に硬度に関する、また図4および図5にばね限界値(Kb)に関する低温焼鈍特性を、EH (Extra Hard) 材とH (Hard) 材について301と比較して示した。低温焼鈍による硬度上昇は、H材で $\Delta Hv = 40 \sim 45$ 、EH材で $\Delta Hv = 50 \sim 60$ と301よりかなり大きい。ばね限界値の上昇についても同様である。

また供試材の軟化開始温度も301より200°C前後高温側にあり650~700°C付近と高い。図6にH材の過時効特性として750°Cにおける長時間加熱試験結果を示す。この温度での長時間時効では、これによる硬度低下が非常に緩慢であることが分かる。

以上のことは、例えば、ばね用途で温度上昇を伴うような場合、高温使用後のばね性劣化がより少なく、本鋼が耐熱ばねとしての使用可能性があることを意味する。

6. 高温強度

前項に加えて耐熱ばね材に求められる性質として、更に有効と考えられるものは高温強度である。図7に常温から800°C間の短時間引張試験結果を示す。本鋼は他のオーステナイト系Cr-Niステンレス鋼、耐熱鋼304、310およびインコイ800等のいずれよりも高強度である。

7. 疲労試験結果

図8に板厚0.4mmEH材の薄板曲げ疲労試験結果の一例を示す。10⁷疲労強度は圧延L方向で65kgf/mm²、T方向で54kgf/mm²とばね材として十分優れた強度を有している。

表3. Dip & Dry 発錆試験結果

鋼種	圧延のまま	低温焼鈍材
供試材	A	B
304	A	B
301	A	B
420J2	D	D

注) A 発錆せず

B わずかに発錆

C かなり発錆

D 著しい発錆

注) 低温焼鈍条件 400℃×30min.

ただし、

420J2は焼入れ(970℃)、焼戻し(250℃)

試験条件

液組成: NaCl 52.5 g

Na₂SO₄ 0.5

Na₂SO₃ 0.25

Na₂S₂O₃ 0.1

H₂O 525.0

液温度: 42±2℃

雰囲気温度: 42±2℃

サイクル: 100

(浸漬2sec, 乾燥100sec)

表4. 冷間加工性

鋼種	伸び(%)	エリクセン値(mm)	CCV(mm)	(板厚 0.8mm)	
				限界絞り比(LDR)	
供試材	52	12.4	38.2	2.2	
304	55	13.2	38.2	2.2	

表5. 溶解部性質

特性 鋼種	引張強さ (Kgf/mm ²)	硬度(HV)		エリクセン値 (mm)	曲げ性 (表・裏曲げ)
		ビード	H A Z		
供試材	91	298	275	11.8	密着OK
304	68	192	165	13.0	密着OK

8. 耐食性

表3に耐発錆性を評価するための, GM(General Mortors 社)法²⁾³⁾として知られる交互浸漬試験(Dip & Dry Test)結果を示す. 304や301とほぼ同等の耐発錆性を有する.

9. 冷間成形性

表4に, ばね材とは直接関係ないとも考えられるが, 材料の基本性質としての若干のプレス成形特性値を示す. 304とほぼ同等の冷間成形性を示す.

10. 溶接部性質

溶接は304と同様の方法で可能である. 表5に共金溶接部(TIG)の機械的性質を示す. 溶接部も母材同様延性に富み, また磁氣的性質も透磁率(μ) $\leq$ 1.005なので非磁性高強度である. なお溶接棒を用いる場合は市販の307(18-8-6Mn)を使用する.

11. 結 言

高 Mn オーステナイト系の 17Cr-15Mn-0.35N ステンレス鋼につき, ばね材への応用の立場から材質調査を行った結果, つぎのことが分かった.

1) 高強度非磁性であり, 強い冷間加工後も低透

磁率($\mu \leq 1.005$)を維持する.

2) 低温焼鈍による強度上昇はCr-Ni系の301より大きく, 軟化開始温度も200℃程度高温側の650~700℃付近にある. またこの温度範囲付近では過時効(高温長時間加熱)による強度低下も非常に緩慢である.

3) 高温強度はCr-Ni系のステンレス鋼および耐熱鋼の304や310, インコロイ800等より大である.

以上から本鋼は高強度非磁性ばね材として優れた性質を有すると共に, 耐熱ばね材としても十分期待がもたれるものと考えられる.

なお本報では, ばね特性とは直接関係をもたないと思われるが, 基本性質としてプレス成形性, 溶接性等についても触れ, これらもCr-Ni系の301, 304等とほぼ同様の性質を有することが分かった.

参 考 文 献

- 1) J.J. Heger: ASTM STP, No. 369(1965), 54.
- 2) J.F. Bates and E.H. Phelps: Proc. of 2nd International Congress on Metallic Corrosion, NACE, New York(1963), 462.
- 3) R.M. Fowler and C.R. Bishop: Metal Progress 84(1963), No. 3, 88.