

(324) Ni基超合金の熱間加工性と微量元素の関係について

新日本製鐵(株) 基礎研究所 山口重裕, ○松宮 徹

工博 小林 尚, 工博 速水哲博

1. 緒言 先に報告したように、インコネル600^(1,2)および18Cr-15W-Ni耐熱合金(NSC-1)⁽³⁾ 鑄造材を熱間加工する際、1,000~1,200°Cで見られる加工性低下は、 $\Delta S^* > 0$ では ΔS が大きくなるほど著しかった。また粒界破面からはSのオージェ電子ピークが検出され、加工性低下はSの粒界への偏析もしくは硫化物の析出に起因すると考えられた。更にハステロイ-Xについても検討したところ、前記2合金と同様の結果が得られ、かつ、これら3合金の ΔS による加工性低下の度合は合金中のNi含有量に依存することが判った。そこで、これらNi基超合金の熱間加工性に及ぼす ΔS およびNi量の冶金的意味づけを、オージェ電子分析等によって検討した結果を報告する。

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe	Mo	W
INCONEL 600	0.05	0.25	0.25	<0.006	0-0.01	75	17	8	-	-
HASTELLOY-X	0.07	0.50	0.50	<0.006	0-0.01	47	22	19	9	0.5
NSC-1	0.07	-	-	<0.006	0-0.01	66	18	-	0.5	15

2. 実験方法 表1に示すように微量成分元素S, Ca, Mg, Y, Zr含有量を変化させた各合金をVIM, VARおよびESRで溶製した。グリーン試験により鑄造材の熱間加工性を調べ、前述の加工性低下温度域での断面収縮率の最小値(ϕ_{min})を求めた。また、この温度域での破面のオージェ電子分析を行なった。

	Co	Al	Ti	Ca	Mg	Y	Zr	B	O	N
INCONEL 600	-	<0.3	<0.4	0-0.003	0-0.005	-	-	-	<0.005	<0.03
HASTELLOY-X	1.5	-	-	0-0.002	0-0.002	0-0.003	0-0.002	<0.0035	<0.008	<0.04
NSC-1	-	<1.0	<0.5	0-0.002	0-0.001	0-0.005	0-0.008	<0.0035	<0.007	<0.04

表1 化学成分

3. 実験結果 (1) ϕ_{min} に与える微量成分元素の影響はいずれも ΔS によって整理され、 $\Delta S > 0$ では ΔS が増すほど ϕ_{min} は低下する。低下する程度はNi含有量の多い合金ほど著しい(図1)。(2)加工性低下温度域では主に粒界で破断する。(3)この破面のオージェ電子分析の結果、 ΔS が大きいほど、Sピーク高さとNiピーク高さの比(S/Ni)は大きくなる(図2)。(4)変形抵抗はNSC-1が最も高く、以下ハステロイ-X, インコネル600の順である。(5)S/Niが等しくても合金により ϕ_{min} は異なり、NSC-1の ϕ_{min} が最も小さい。

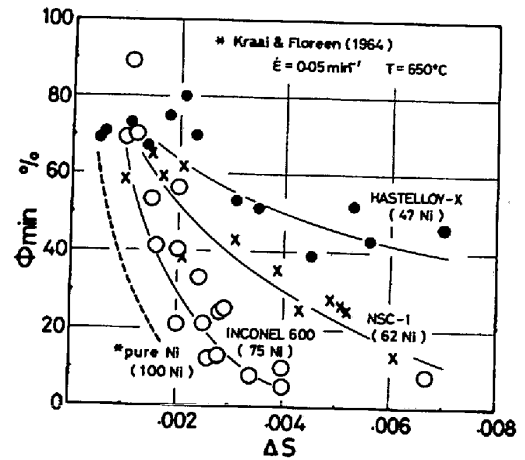


図1 ΔS と ϕ_{min} との関係

4. 考察 Ni基超合金の熱間加工性は粒界へのSの偏析ないしは硫化物の析出により低下すると考えられる。 ΔS が同一でも合金によって ϕ_{min} が異なるのは①Sの偏析・析出の程度が合金により異なること、および②合金の変形抵抗の相違によって粒界の相対強度が異なることに起因すると考えられる。とくに①に関しては、合金中のNi含有量の与える影響が大きい。

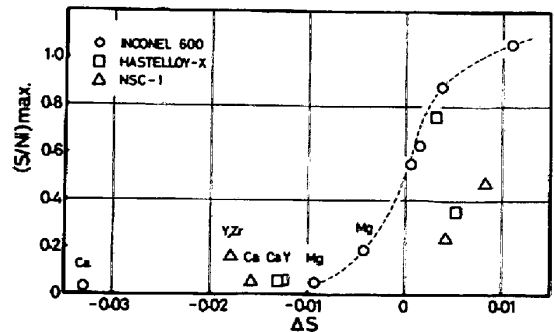


図2 ΔS とS/Niとの関係

文献(1) 速水他 鉄と鋼 60(1974), S649

(2) 速水他 鉄と鋼 61(1975), S762

(3) 速水他 鉄と鋼 62(1976), S428

* $\Delta S = \%S - 0.8 \times \%Ca - 0.3 \times \%Mg - 0.54 \times \%Y - 0.02 \times \%Zr$