Si ウェハースライス用高強度高延性準安定オーステナイト系ステンレス薄鋼板の開発

富村 宏 紀¹⁾ 宮 楠 克 久²⁾
廣 津 貞 雄³⁾ 星 野 和 夫⁴⁾

1. は じ め に

パーソナルコンピュータの普及に代表されるようにマルチメディア時代の到来に伴い、各種電子機器に使用される半導体の市場は急発展を遂げている。半導体チップの主流である Si は、Si 結晶インゴットをウェハーに切断して用いられるが、そのウェハーへの切断には ID (Inner Diameter) ブレードと呼ばれる刃物を使用されている。ID ブレードは図 1 に示すようにドーナツ状の高強度薄板ステンレス鋼板の内周部にダイヤモンドを電着したもので、外周部を装置治具で張り上げ、高速回転させることで Si 結晶を内周刃で切断する機構である。

この ID ブレード用高強度ステンレス鋼板として、従来は冷間圧延により高強度化した SUS301 (0.1C-17Cr-7Ni) が用いられてきた。しかし、SUS301 は高強度を得るためには過度な冷間加工を施す必要があり、これが延性の低下をもたらすとの問題があり、これまでに著者らはこの問題を解決すべく、加工硬化と時効硬化を組合せて引張強さ 1950 N/mm² 級を有する材料開発を行ってきた⁽¹⁾。最近では、Si 結晶の大型化によるブレードの大口径化や、Si ウェハーの歩留向上のためのブレード薄肉化の要求が高まり、さらなる高強度化と延性改善が望まれている。そこで、このような背景のもとマルエージ鋼並みでステンレス鋼板としては最高強度を有する引張強さ 2200 N/mm² 級でかつ延性や疲労特性に優れた Si ウェハースライス用高強度高延性ステンレス鋼板を開

図 1 Si ウェハースライス用内周刃ブレード。

表 1 開発鋼、比較鋼ならびに SUS301 の化学成分 (質量%)

鋼 種	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Cu	Mo	Md ₃₀
開発鋼	0.09	2.6	0.3	8.3	13.7	0.06	0.2	2.3	-21
比較鋼	0.08	2.7	0.3	6.1	15.0	0.07	1.9	0.2	13
SUS301	0.10	0.7	1.1	6.8	16.9	0.05	0.3	0.2	25

$$Md_{30} (^{\circ}C) = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 13.7Cr - 29.0(Cu+Ni) - 18.5Mo$$

発・実用化した。

2. 開 発 の 経 緯

表 1 に開発鋼、比較鋼ならびに SUS301 の成分を示すが開発鋼は 14Cr-8Ni-3Si-2Mo-0.1C-0.1N を基本成分として、冷間加工で加工誘起マルテンサイト (α') を生成させた変態強化・加工硬化と時効による析出硬化を組合せて、高強度化を図っている。この冷間加工での α' 変態をうまく利用すれば TRIP (transformation induced plasticity; 変態誘起塑性) 現象で延性・靱性が改善されることから⁽²⁾⁽³⁾、最適な加工に対する γ 安定度を選定した。Md₃₀⁽⁴⁾ をその指標として示すが、開発鋼は比較鋼や SUS301 に比べ Md₃₀ が低く加工に対する安定度が高い。さらに、開発鋼は合金成分の特徴として、時効処理での強化を目的に時効硬化能が高く⁽⁵⁾、焼戻し軟化抵

* 日新製鋼株式会社

技術研究所ステンレス・高合金研究部：1) 係長研究員 2) 室長 3) 課長研究員 (現 日新鋼管株式会社)

4) 常務取締役周南製鋼所所長

Development of Metastable Austenitic Stainless Steel Sheet Having High Strength and Ductility for Slicing of Silicon Wafers; Kouki Tomimura, Katsuhisa Miyakusu, Sadao Hirotsu, Kazuo Hoshino (Nisshin Steel Co., Ltd.)

1997年1月29日受理

図2 開発鋼、比較鋼のX線半価幅と引張強さの時効温度依存性。

図3 540°C時効材の(a) α' 相、(b) γ 相電顕組織(開発鋼)。

抗の高い⁽⁶⁾ Mo を含有している。

3. 開発鋼の諸特性

(1) 時効硬化特性

開発鋼はオーステナイト(γ)相の加工に対する安定度を高めているために、加工誘起α'相が生成されにくく、比較鋼に比べ素材製造時の強加工を可能にしている。図2は65%の冷間加工を施した開発鋼と50%加工を施した比較鋼を種々の温度で時効したときの引張強さならびに、γ相とα'相の

転位密度の指標となるX線半価幅変化を示す。開発鋼は500~600°Cの広範囲の温度で引張強さ2200 N/mm²以上を維持するのに対し、比較鋼は500°Cで引張強さ2000 N/mm²を得るものの、それ以上の温度では軟化が開始している。Moを含んだ開発鋼のα'相ならびにγ相の半価幅は、前加工率が高いために全体的に広い。図3は540°C時効を施した開発鋼の(a) α'相ならびに(b) γ相の電顕組織を示す。α'相は強加工を受けたためにその形態がラスからセル状組織になっている。また、両相ともに多くの転位が残存している。時効温度が高くなれば、圧延で導入された転位は回復過程で消失していくが、時効温度550°C以上での開発鋼の半価幅減少は比較鋼に比べ明らかに小さくなっている。これは開発鋼はMoを含有しており、Mo原子のドラッグ効果⁽⁷⁾で、原子拡散抑制により転位の易動度を低下させるためである。さらに開発鋼は、より高温まで高強度を維持するが、これは転位低減遅滞による転位強化の維持や時効析出物の核形成サイト増大による分散強化によるものと考えられる。

(2) 延性、疲労特性

図4は圧延後、時効処理を施した開発鋼、比較鋼およびSUS301の引張特性を引張強さと全伸びの関係で示したものである。開発鋼はSiとMo、比較鋼はSiとCuの効果で時効硬化能が高くなり、SUS301より強度が高くなっている。また、開発鋼と比較鋼を対比すると、開発鋼はγ相の加工に対する安定度が大きいために強化に寄与する加工誘起α'相が生成されにくく、前加工としてより強度の冷間加工を行うことが可能で、結果的には比較鋼よりも高い引張強さを得ることができる。さらにブレード材としては使用時の張り上げ性に対して伸びが重要な特性であり、開発鋼は最も高い伸びを有している。

図5は同様に時効処理を施した3鋼種について、ブレード張り上げ性の指標となるエリクセン値と引張強さの関係を示す。強度上昇によりエリクセン値は低下するが、開発鋼は

図4 引張強さと全伸びの関係。

図5 引張強さとエリクセン値の関係.

図6 疲労特性.

比較鋼に比べ同一強度でのエリクセン値は高い。これは変形中に加工誘起 α' 相が生成し、応力集中でクラックが発生・伝播しようとする箇所にも強度の高い α' 相が生成し、それによりクラック発生を抑え、延性向上に至るTRIP現象によるもので、開発鋼はこの効果を有効に利用している。

図6は3鋼種の片振単軸引張の疲労試験でのSN曲線を示している。Si ウェハースライス用ブレード材には過酷な振動が負荷され、疲労特性はブレード寿命と密接に関係する。明らかに開発鋼が最も良好な疲労特性を示しており、ブレード材としての耐久性に優れた材料である。

以上のように本開発鋼は強度・延性バランスや疲労特性はSUS301 よりもはるかに勝っており、引張強さ2000 N/mm²以上を有する延性に優れた高強度ステンレスである。

図7 NSSHT2000 使用例 Si ウェハースライス用内周刃ブレード(外径 690 mm, 内径 240 mm).

4. 実用例および製造実績

開発鋼(商品名 NSSHT2000)の代表用途である、Si ウェハースライス用内周刃ブレードを図7に示す。ブレードサイズにより板厚は0.10~0.18 mmであるが、NSSHT2000の開発により従来よりブレードの薄肉化や大型化が可能になり、これがSiチップの量産に大きく寄与し、半導体産業発展の一翼を担っている。現在、Si ウェハース径の主流は6インチから8インチへと移行しつつあり、さらに将来的には12インチ(約300 mm)へと大型化していく。これに対応すべく、すでにNSSHT2000を用いた12インチウェハース用ブレード材の開発も完了した。NSSHT2000を含めた当社ブレード材は、全世界シェアの50%以上を占めており、さらにブレード以外の強度や疲労特性が要求される高付加価値ばね材として幅広い用途への適用が進んでいる。

5. 特 許

国内: 特開平 6-207250, 特開平 7-233448, 他 8 件出願
海外: 米, 独 2 件出願

文 献

- (1) 廣津貞雄: 日新製鋼技報, **57**(1987), 54.
- (2) 田村今男: 鉄と鋼, **56**(1970), 429.
- (3) 富村宏紀, 廣津貞雄, 宮楠克久: 材料とプロセス, **8**(1995), 524.
- (4) 野原清彦, 小野 寛, 大橋延夫: 鉄と鋼, **63**(1977), 772.
- (5) 富村宏紀, 宮楠克久, 廣津貞雄: 材料とプロセス, **9**(1996), 486.
- (6) K. J. Irvine and F. B. Pickering: J. Iron Steel Inst., **194**(1960), 137.
- (7) 富樫房夫, 西山泰二: 日本金属学会誌, **40**(1976), 12.