超快削ステンレス鋼 DSR6F

阿部山 尚 三¹⁾、中 村 貞 行²⁾

切削加工の自動、無人化ならびに高速化の傾向はますます強く、それに伴い快削鋼の使用量も年々増加の一途を辿っている。ステンレス鋼は元来削りにくいため、より削り易いものへのニーズは強まる一方である。すでに、耐食性、被削性ともにすぐれた快削ステンレス鋼として SUS 303 が広く使用されているが、炭素鋼や低合金鋼の快削鋼に比べると被削性は極度に劣っているため、特に自動盤による精密部品的高速加工に適した“超快削性”を有するステンレス鋼の開発が望まれていた。

また一方では、部品加工において材料歩留、生産性向上を目的として冷間加工を適用する事例が増大しつつあるが、冷間加工後切削加工を行う場合が多い。したがって快削鋼においても冷間加工性向上の要求が強まっている。我々は、これら互いに相反する諸要求に応え得る全く新しい“超快削ステンレス鋼”“DSR6F”を世界に先がけて開発した。本鋼は快削黄銅にも匹敵する被削性、SUS 303 と同等の耐食性を有しており、新規性、実用性の両面から国内はもとより国外からも高く評価され、生産量も増大している。

1. 開発の経緯

開発すべき超快削ステンレス鋼の性能に関する目標値として次の3点を掲げた。

- (1) SUS 303 と同等の耐食性
- (2) †低炭素系超々快削鋼 12L14Te と同等の被削性
- (3) SUS 303 よりすぐれた冷間塑性加工性

鋼の被削性を改善する快削元素としては S, Se, Pb, Te 等が知られており、これら多種多量の添加が被削性向上もしくは多岐多様な切削加工に対して有効であることは明らかであるが、基本組成を 303 系と同じくオーステナイト系とする限り、素材製造なかでも熱間塑性加工が極めて困難となり実用化不能なことが十分に予測された。そこで低 C, N のフェライト系ステンレス 18Cr-2Mo 鋼が SUS 304 と同等の耐食性を有し、かつ製造性が良好な点に着目し、本鋼の諸性能に及ぼす各種快削元素の影響を明らかにすることから始めた⁽¹⁾⁽²⁾。その結果、超快削

性付与には性能、製造コスト両面から S, Pb, Te の複合添加が最適であることを見出した。その一例として図1に自動盤加工用素材に要求される重要な特性の1つである仕上げ面あらさに及ぼす快削元素の効果を示す。仕上げ面あらさの点からは S と Se はマイナス効果、Pb と Te はプラス効果であることが分かる。しかし S は Pb と同様に、切削工具寿命を延長する効果が大きい。このこと

図1 18Cr-2Mo ステンレス鋼の仕上げ面あらさによぼす快削元素含有率の影響。
 工具: K10: 0, 6, 6, 6, 8, 0, 0.5
 送り: 0.15 mm/rev
 切削速度: 200 m/min
 切込み: 1.0 mm
 切削油: なし(乾式切削)

図2 Cr, Mo 含有率と耐食性。

† 既存快削鋼中最も被削性のすぐれたもの

* 大同特殊鋼株式会社中央研究所
 1) 研究第一部次長 2) 研究第一部第5研究室
 An Ultra-Freemachining Stainless Steel “DSR6F”; S. Abeyama, S. Nakamura (Central Research Lab., Daido Steel Co., Ltd.)
 1982年1月30日受理

表1 DSR6F の標準化学組成(%)

C	Si	Mn	S	Cr	Mo	Pb	Te	N
0.015	0.50	1.20	0.30	20.0	2.0	0.15	0.05	0.020

から、S,Pb,Te を複合添加することにより (i) 工具寿命が長い、(ii) 切削抵抗が小さい、(iii) 仕上げ面あさが小さい、(iv) 切りくず破砕性が良い、という快削鋼の必須特性をバランス良く向上させることに成功した。また一般にフェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系に比べ変形抵抗が低く、冷間塑性加工性の点からも好ましい。

開発の第2の目標値である SUS 303 相当の耐食性を得るために、Cr,Mo 含有率の影響を明らかにした。その一例を図2に示す。これより20%Cr, 2%Moに決定した。その他 C, Si, Mn, N 含有率に関して、被削性、耐食性および冷間塑性加工性に関する試験を繰返し、さらに製造コストを考慮して最終的に DSR6F の化学組成として表1のように決定した。

2. 主な特性

(1) 被削性

図3に DSR6F と目標とした 12L14Te 鋼および既存快削ステンレス鋼のドリル寿命試験の結果を示す。DSR 6F は 12L14Te とほぼ同等で、同一切削速度で比較すると (例えば 30 m/min) SUS 303 の約 20 倍、SUS 430F の約 10 倍の工具寿命である。また同一工具寿命 (例えば 10000 mm) で比較すると SUS 303 の約 3 倍、SUS 430F の約 2 倍の切削速度となっている。図4にガス器具部品を6軸自動旋盤により加工した場合の切削加工コストの計算結果を示す。DSR6F は SUS 303 に比べて大幅なコ

図3 DSR6F のドリル穴あけ性。
 工具 : SKH9 $\phi 5$ $\alpha : 118^\circ$
 送り : 0.15 mm/rev
 穴深さ : 20 mm めくら穴
 切削油 : なし (乾式切削)
 寿命判定 : 平均切刃摩耗 0.05 mm

図4 6軸自動盤による切削加工コスト。
 (加工物: $\phi 12 \times 120$)

スト低減となっていることが理解される。

写真1に自動旋盤で加工した場合の切りくずの形状を示す。DSR6F は SUS 303 に比べて切りくず破砕性が著しく優れ、切りくずの巻き付きによるトラブルがなく、切りくず処理も容易である。

(2) 耐食性

耐食性試験として塩水噴霧、CASS, および湿潤試験を実施した。その結果、DSR6F は表2に示すように SUS 303 とほぼ同等の耐食性を示し、他の快削ステンレス鋼より優れている。本鋼は大気中での通常の使用に際しては現実にメッキは省略されている。

(3) 冷間塑性加工性

冷間塑性加工にも種々の様式があるが、割れの発生に関しては最も厳しい加工の1つである据込み試験を行った。表3に示すように、変形抵抗、割れ発生限界ひずみともに SUS 303 よりも優れており、ヘッダー、かしめ等を含む工程で生産される部品にも適用が可能である。快削元素が多量に添加されているにもかかわらず、このように高い割れ発生限界ひずみを得られるのは、Teによって硫化物が球状に制御されているために応力集中が緩和されることによる。

3. 用途

“超快削性”を有する本鋼は開発の目的通り、自動旋盤により加工される精密部品に適している。現在のところ事務機器、電気、電子機器、計器類およびカメラをはじめとする各種精密機器部品に用いられている。写真2に実用部品の一例を示す。この例からも理解されるように、外径切削、穴あけ、溝切り、ねじ切りなどを含む複雑な形状の部品への適用が好評裡に進められている。

写真1 自動盤加工における切りくず形状。

表2 DSR6Fの耐食性(既存快削ステンレス鋼との比較)。

鋼 種	熱処理状態	湿潤	CASS	塩水噴霧
DSR6F	焼なまし	B	B	B
SUS 303	固溶化处理	B	B	B
SUS 430F	焼なまし	C	C	C
SUS 416	焼なまし	D	D	D

湿潤試験: 49°C, 飽和水蒸気, 96 h
 (CASS試験: 25°C, 16 h)
 塩水噴霧試験: 35°C, 5%食塩水, 96 h
 A: 発錆なし, B: わずかに発錆
 C: かなり発錆, D: ひどく発錆

表3 DSR6Fの冷間加工性(SUS 303との比較)。

鋼 種	割れ発生限界ひずみ (カッコ内は圧縮率)	変形抵抗 (ひずみ1.0のとき) (kgf/mm ²)
DSR6F	1.76 (83%)	96
SUS 303	1.30 (73%)	160

4. 特 許

1977年以降, 本鋼に関し, 国内2件, 米国2件, 西独

写真2 適用部品例。

1件の特許を出願し, そのうち1件は米国で成立, 国内1件は公告されている。

文 献

- (1) T. Fujiwara, T. Kato, S. Abeyama and S. Nakamura: *Proceedings from International Symposium on Influence of Metallurgy on Machinability of Steel*, ISIJ-ASM, (1977), 231.
- (2) 藤原達雄, 加藤哲男, 阿部山尚三, 中村貞行: 電気製鋼, 49(1978), No.3, 168.