

JFE スチールのステンレス事業

Outline of Stainless Steel Business in JFE Steel

菊山 正剛 KIKUYAMA Seigo JFE スチール 東日本製鉄所 (千葉地区) ステンレス部長
杉原 玲子 SUGIHARA Reiko JFE スチール スチール研究所 ステンレス鋼・鉄粉研究部長 (理事)

要旨

JFE スチールは、西宮工場で広幅冷延ステンレス鋼の製造を開始してから、現在までに 59 年の歴史を持ち、薄板ステンレス鋼では、フェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼に特化した世界で唯一のステンレスメーカーである。当社のステンレス鋼は、Cr 鉱石の溶融還元、SS-VOD (強攪拌真空脱炭炉)、普通鋼との兼用設備であるタンデム式冷間圧延および連続焼鈍設備による高生産性の冷間圧延製品「機能品」の製造、1 000 mm 幅での箔圧延など、独自技術を生かした特長のある設備で製造される。当社のステンレス鋼製品は、「JFE443CT」、「JFE443MT」、「JFE445NT」をはじめとする高耐食ステンレス鋼の「JFE443 ファミリー」シリーズ、省 Mo 型超高耐熱エキゾーストマニフォールド材「JFE-TF1」、高強度高耐酸化性のメタルハニカム用箔材「JFE20-5HS」など幅広いラインアップを誇っている。

Abstract:

JFE Steel has a 59 year-old history of cold rolled stainless steel production that started at Nishinomiya Works and concentrated on ferritic and martensitic stainless steels, as a unique stainless steel maker in the world. Our products are produced by distinctive state of the art facilities, such as smelting reduction process of chromium ore, strongly stirred vacuum oxygen decarburization (VOD) system, tandem cold rolling and continuous annealing (CAL) processes that produce cold rolled products efficiently. Our products have unique properties and wide variety: “JFE443 Family” series including “JFE443CT”, “JFE443MT” and “JFE445NT” have excellent corrosion resistance, “JFE-TF1” has high heat resistance for automotive exhaust manifold materials without Mo addition, and “JFE 20-5 HS” has high strength and excellent oxidation resistance for metal honeycomb materials.

1. はじめに

JFE スチールは、薄板ステンレス鋼を年間約 35 万トン生産しており、フェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼に特化した世界で唯一のステンレスメーカーである。

以下に、当社のステンレス事業の歴史と技術開発の概要、製造設備と技術の特長、ステンレス鋼の特長について述べる。

2. ステンレス事業の歴史と技術開発の概要

表 1 に当社のステンレス鋼の歴史を示す。

当社のステンレス鋼¹⁻³⁾は、1962 年に西宮工場で広幅冷延ステンレス鋼の製造を開始してから、2021 年で 59 年の歴史を有している。

ステンレス鋼の本格的な大規模精練は 1966 年の西宮工場での 40 t 電気炉 (EF) による造塊 (IC) プロセスからで、1973 年に東日本製鉄所千葉地区第 1 製鋼工場転炉 (LD)-

脱ガス (RH)-連続 casting (CC) によるプロセスで連続 casting 化した。

1991 年に同所内に冷間圧延、仕上げ焼鈍設備を有したステンレス工場を立ち上げ、製鋼から冷間圧延後の仕上げ焼鈍までの一貫製造体制を完成させた。その後、1994 年にクロム鉱石の直接溶融還元をはじめとした多数の最新鋭技術を導入した第 4 製鋼工場を同所西工場に建設し、1995 年にはステンレス鋼の高速・強圧下熱間圧延を可能とする世界最大の圧下能力を誇る熱間圧延設備である第 3 熱間圧延工場を立ち上げ、優れた品質および特性のフェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼を生産する体制が整った。

冷延工程は、千葉地区の 12 段クラスター型リバース式冷間圧延設備 SCM (Stainless Cold Mill) および連続焼鈍酸洗設備 CAP (Continuous Annealing and Pickling line) プロセスによる光沢品 (2B 仕上げ)、同じく千葉地区の普通鋼との兼用設備であるタンデム式冷間圧延設備および連続焼鈍設備 CAL (Continuous Annealing Line) プロセスによる機能品、西宮地区での 20 段ゼンジミア型リバース式冷間圧延設備 ZR (Sendzimir mill) および光輝焼鈍設備 BA (Bright Annealing line) プロセスによる光沢品 (BA 仕上げ) および

表1 JFE スチールのステンレス事業の歴史
Table 1 The history of stainless steel business in JFE Steel

Year	Main facility installed	Developed stainless steel	Note
1954			Start of production of stainless steels using facilities for specialty carbon steels (Castings and hot bands)
1955			Start of cold rolled flat products
1956		Tri-ply clad steel	
1962	(N) No.1 ZR, CB, CGR, BAF, No.1 AP (Cold)		Start of mass production of stainless steels at Nishinomiya Plant Start of hot rolling with hot strip mill at Chiba Works
1964	(N) No.2 AP (Cold)		
1966	(N) No.1 EF		
1967	(N) No.3 AP (Hot and cold)		
1968	(N) No.2 EF, PC, No.2 CB, No.1 BA, No.2 ZR		
1971	(N) VOD, ASEA-SKF		
1972		R430LT (18Cr-Ti)	Registration of trade mark as "River Lite"
1973	(N) No.3 ZR		Start of stainless steel making at Chiba Works (LD/RH/IC, CC)
1975	(N) No.4 AP (Hot and cold), No.3 CB		
1976		9 new River Lite series developed	Establishment of SS-VOD technology
1977		R304UD, R301L	
1978		R30-2	
1981	(C) MF, KBOP, VOD (Transferred from Nishinomiya Plant)		Shut down of Nishinomiya EF, and stainless steel making transferred to Chiba Works in full production: (MF)-KBOP-RH (or VOD)-CC
1982	(C) HAP, CB (Transferred from Nishinomiya Plant)	R409L, R410DH	Start of type 409 production by tandem cold mill rolling
1983		R410DB	
1984	(C) No.1 CGR (Transferred from Nishinomiya Plant)		
1985	(C) Coil box		Commercial production of R409L by tandem cold mill rolling
1986	(N) No.2 BA	R20-5SR	Start of smelting reduction of Cr-ore pellet: SR-KBOP-RH-CC Start of foil rolling with ZR mill
1988	(C) CAL/Pic		
1990	(C) SCM		
1991	(C) CAP, No.2 CGR	R315CX	
1992	(C) Finishing facilities	R445MT, R304S	Establishment of production process for bright grade at Chiba Works
1993		R429EX, R20-5USR, R436LT, R432LTM, R439	
1994	(C) No.4 stainless steel making facilities (SR, DC, VOD, CC) Dust smelting reduction furnace	R430UD, RSX-1, R430XT	Start of smelting reduction of Cr-ore sand Start of dust smelting furnace/STAR Furnace
1995	(C) No.3 Hot strip mill		
1996			(N) Revamping of No.1 ZR for foil rolling
1999			(N) Stop of No.3 AP
2000		RMH-1	(N) Stop of No.2 AP
2001	(N) NCR mill		
2003			JFE Steel established
2004	(C) Hot metal reservoir		Establishment of scrap melting and hot metal reservoir/J-FIRST
2005		JFE443CT, JFE18-3USR, JFE410RW	
2006			Concentrated on ferritic and martensitic stainless steel
2007		JFE445M	Shipment records of JFE443CT as over 50,000 t established
2008	(C) Revamping of No.4 CC for extension of metallurgical length		
2009	(C) Waste water treatment system with biological de-nitrification		
2010	(C) Burner lance for chromium ore heating and feeding in SR	JFE-TF1	
2011			(C) Production records of HAP as over 10 million t established
2017		JFE445NT	
2018		JFE443MT	
2019		JFE20-5HS	(N) 80 th Anniversary Nishinomiya Plant established

(N): Nishinomiya Plant, (C): Chiba Works, (Cold): For cold band, (Hot): For hot band, ZR: Sendzimir mill, CB: Coil build-up, CGR: Coil grinder, BAF: Batch annealing furnace, AP: Annealing and pickling line, EF: Electric arc-furnace, PC: Pressure caster, BA: Bright annealing line, VOD: Vacuum oxygen decarburization, IC: Ingot casting, CC: Continuous caster, SS-VOD: Strongly stirred VOD, MF: Electric arc melting furnace, KBOP: Kawatetsu blowing oxygen process, HAP: Hot band AP, CAL/Pic: Continuous annealing line with pickling facility, SCM: Stainless cold mill, CAP: Cold band AP, SR: Smelting reduction, DC: De-carburization, NCR: Nishinomiya cluster mill

箔という体制を整えている。当社のステンレス鋼は、上述の歴史の中で、独自技術の開発を重ねており、製造能力、品質、特性のすべてが着実に向上し続けている。

このような技術的背景に加え、中国ステンレスメーカーを主体としたステンレス鋼の生産能力過剰を予見し、2005年4月に薄板ステンレス鋼のすべてをフェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼に特化した。

フェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼に特化した当社は、Ni, Mo フリー SUS304 代替高耐食フェライト系ステンレス鋼「JFE443CT」を2005年8月に商品化した。その後もさらなる高耐食フェライト系ステンレス鋼の開発を継続し、「JFE445NT」、「JFE443MT」を「JFE443 ファミリー」シリーズとしてラインアップに加えている⁴⁾。

一方、自動車用ステンレス鋼としては、自動車用ステンレス鋼の技術開発の最先端と位置付けられるエキゾーストマニフォールド用材料の開発において、SUS444 より良好な加工性を有するエキゾーストマニフォールド用高耐熱フェライト系ステンレス鋼「JFE-MH1」に続き、SUS444 と同等の耐食性と 15Cr-Nb 系の「JFE429EX」と同等の加工性を有する Cu および Al 添加の省 Mo 鋼「JFE-TF1」を開発した⁵⁾。

また、排ガスコンバータに使用されるメタルハニカム用高 Al 高耐熱フェライト系ステンレス箔についても、「JFE20-5USR」に加え、さらなる高強度高耐熱のニーズに対応するために「JFE20-5HS」を開発している⁶⁾。

3. 製造設備と技術の特長

3.1 製鋼工程

当社のステンレス鋼製造の特長^{7,8)}は、高炉溶銑を主原料として、Cr 鉱石を溶融還元炉 SRF (Smelting Reduction Furnace) で直接還元する点にある。SRF は大容量炉体とすることで Cr 鉱石のランスからの直接添加を可能にしている。また、SRF で精錬された高い Cr 濃度の粗溶鋼の溜め置きとスクラップ溶解を目的とした保持炉 (Hot Metal Reservoir) を保有し、保持した溶鋼を続く脱炭炉 DCF (Decarburization Furnace) で Fe-Cr 合金、スクラップを加え希釈吹錬による高速脱炭を行い、さらに VOD により極低 C, N 鋼に仕上げている。溶融還元、脱炭とも上下吹錬の転炉で、いずれも上吹ランスからは酸素を吹き込み、底吹羽口は二重管で内管からアルゴン、窒素で希釈した酸素を、外管からプロパンガスを吹き込むもので大流量吹き込みによる強攪拌力を実現している。VOD の取鍋容量は 185 t で、大流量スリットプラグによる底吹強攪拌と、二段のブースターおよび二段の並列エジェクターによる強力な排気能力により、脱炭処理中の高真空度制御を行い高速脱炭・脱窒を可能にしている。生産性を高めるため、真空処理と大気処理を分離する 2 タンク方式を採用している。

3.2 熱間圧延・焼鈍・酸洗工程

第 3 熱間圧延設備は、3 基の加熱炉、幅プレス、3 スタンドの粗ミル、7 スタンドの仕上げミル、冷却装置および 2 基の巻き取り装置で構成される。その特長は、サイジングプレスと油圧圧下式エッジャーにより幅設定の自由度を増し、幅精度を向上させたこと、強力モーターによる強圧下を可能にしたこと、および仕上げスタンドをペアクロスロールとし板厚プロフィールを向上させたことである。

スラブヤードからコイル巻き取りに至る各セクションで徹底的な自動化と無人化を図っており、総合管制室で操業に関わっているオペレーターはわずかに 3 人である。

スラブ加熱温度、粗、仕上げでの圧下率および巻き取り温度の適正化が容易になり、冷間圧延仕上げ後製品の優れた成形性を実現する母材材質設計が可能である。

2013 年には板厚 8 mm を超えるフェライト系ステンレス厚物鋼帯の製造を開始し、最大板厚 13 mm まで製造している。フェライト系ステンレス厚物鋼帯は自動車、製造設備の部品など多くの分野で使用されている。

熱間圧延鋼帯は焼鈍酸洗設備 HAP (Hot band Annealing and Pickling line) で焼鈍 (SUS410, 420, 430 はバッチ焼鈍) および脱スケールされる。この設備は西宮工場に設置された No.4 AP を 1982 年に千葉地区に移設したもので、当初は熱間圧延鋼板と冷間圧延鋼板兼用のコンビネーションラインであったが、熱間圧延鋼板専用ラインとし、脱スケール設備 (酸洗槽、スケールブレイカー、ブラシ設備) の増強、入出側のサイクルタイム削減などの改善を加えて能力を増強してきた。現在では国内有数の生産能力を誇り、2011 年には累計生産量 1000 万トン達成している。高速酸洗に対応するため近赤外分光分析法を用いた高速酸濃度分析装置を開発し設置⁹⁾するとともに、0.1 mm オーダーの微小なスケール残りを検出するセンサーを開発、設置¹⁰⁾し、高品質な光沢品素材の製造を支えている。

3.3 冷間圧延・焼鈍・仕上げ工程

3.3.1 光沢品

光沢品 (2B, BA 仕上げ) は 12 段クラスター型リバース圧延設備 SCM と 20 段ゼンジミア型リバース圧延設備 ZR で圧延している。

千葉地区での光沢品の製造は 1991 年の SCM と焼鈍酸洗設備 CAP の設置からである。SCM は最大幅 1600 mm で最高圧延速度 800 m/min の能力を有している。加減速における板厚変動を大幅に低減する制御技術と、鋼板の先端部の形状を平坦化する最適形状セットアップモデルを開発し、鋼板全長にわたり均一な板厚および形状を得ている。また、片テーパ・ワークロールシフト法を用いた複合伸び形状制御により高圧下・高速圧延を実現している。CAP の脱スケールを中性塩電解、硝フッ酸、硝酸電解とすることで高速操

業を可能とした。さらに生産性の向上、工程省略を図るためにスキンプスミル、テンションレベラー、トリマーをインライン化し、精整機能を取り込んだ構成とした。CAPは大気開放直火型焼鈍炉であるため、焼鈍後の表面に薄い酸化皮膜が形成される。この酸化皮膜は焼鈍温度、雰囲気、鋼中成分により厚さが変化し放射率が変動するために、放射温度計で板温を正確に測定できないという問題があった。そこで、データサイエンスの活用により主成分分析を適用した、放射率変動の影響を受けにくい放射温度計を開発、設置し¹¹⁾、正確な板温管理により、高度な品質の安定化を図っている。

3.3.2 機能品

主に普通鋼との兼用設備であるタンデム式冷間圧延設備および連続焼鈍設備 CAL により製造しており、光沢品に使用されている SCM-CAP プロセスと比較して、高い生産性を誇っている。

千葉地区での HAP、CAP および CAL の酸洗プロセスには硝酸が使用されており、酸廃液および洗浄廃水には硝酸性窒素が含まれている。海域の富栄養化防止のために排水中の窒素が規制され、1998年に各ラインに廃酸回収設備を導入した。その後、さらなる排水規制に対応するため、生物脱窒処理法（浮遊法）を採用した 3 000 m³/日の処理能力の排水処理設備を 2009 年に導入した。これらにより、高品質、高効率かつ環境に配慮した製造プロセスを実現している。

3.3.3 極薄箔

自動車の排気浄化触媒の担体材料としてのステンレス鋼箔の需要拡大に対応して、箔の製造を 1986 年に開始した。箔の製造に関しては、圧延中の皺発生と破断を抑えることが最大の技術課題であった。1996年に西宮工場の No.1 ZRミルを極薄箔用に改造し、1 000 mm 幅で板厚 30 μm までの圧延が可能となった。さらに、2001年には 500 mm 幅で板厚 15 μm まで圧延可能な 12 段クラスター型リバース式冷間圧延設備 NCR (Nishinomiya Cluster Mill) を設置し箔の極薄化に対応した。メタルハニカム担体は世界的な排ガス規制の強化に伴い、主に二輪車を中心に使用が拡大しており、加えて軽量化、高性能化のための薄肉化が進んでいる。

4. JFE スチールのステンレス鋼の特長

4.1 JFE スチールのステンレス鋼の製品群

JFE スチールのステンレス鋼は、フェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼に特化している。当社の代表的ステンレス鋼を表 2 に示す。

当社は、3 章で述べた精錬における高速脱炭技術、高速・強圧下熱間圧延機による組織制御により特性の向上を図っている。これらの技術は各種の汎用ステンレス鋼や自動車用ステンレス鋼の加工性向上に大きく寄与している。以下に用途と特長別に、JFE スチールのステンレス鋼を概説する。

4.2 高耐食性ステンレス鋼の特長

ステンレス鋼の耐食性は主に Cr と Mo の含有量に依存する。耐食性の指標として孔食指数 PI. (Pitting Index) が用いられ、フェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼の PI. としては Cr%+3.3×Mo% が用いられる。当社のステンレス鋼を、上述の PI. を横軸に、孔食電位 (JIS G0577) を縦軸に整理したものを図 1 に示す。当社ではお客様での使用環境に応じて種々の耐食性を有するステンレス鋼をそろえている。

チタンに匹敵する耐食性に優れたフェライト系ステンレス鋼「JFE30-2」は非常に優れた耐発錆性を有し、海浜環境での建築外装材料に最適である。「JFE30-2」は 1993 年に開港した関西国際空港の屋根材料として採用され、この実績に基づき種々の海浜環境の建築外装材料に採用されている。

「JFE30-2」に次ぐ高耐食性材料として、SUS316 と同等以上の耐食性を有する「JFE445M」を開発した。「JFE445M」は溶接テンパーカラー部の耐食性に優れ、応力腐食割れがない合金設計をしているため、電気温水器などの缶体材料に適している。また、耐発錆性にも優れているため、海岸より百メートルほどの海浜環境でも建築外装用材料として適用できる。

ステンレス鋼の耐食性を向上させるためには Mo を添加することが有効であるが、高価な Mo、Ni を含有せずに SUS304 と同等の耐食性を示すステンレス鋼が求められていた。当社ではこのニーズに対応し「JFE443CT」(21% Cr-0.4% Cu-Ti 鋼) を世界に先駆けて開発した。「JFE443CT」は SUS304 を代替する低コストの材料として厨房、産業機器、電機材料、建築材料、自動車材料などあらゆる用途に適用されている。その後も、さらなる高耐食フェライト系ステン

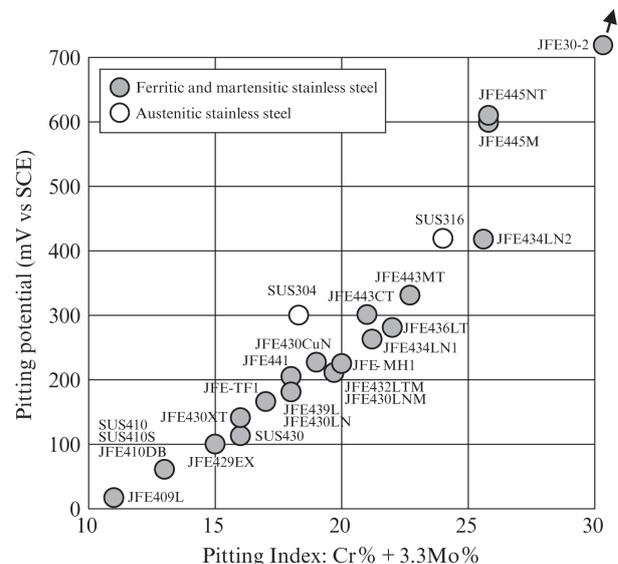


図 1 JFE スチールのステンレス鋼の孔食電位
Fig. 1 Pitting potential of JFE Steel's stainless steels

表2 JFE スチールのステンレス鋼
Table 2 Stainless steel products of JFE Steel

Classification	JFE Standard	Basic Composition	Characteristics	Major Application
Ferritic	SUS430	16Cr	Typical Cr-based stainless steels	Daily-use durable goods, kitchen equipment, architectural trimming, etc.
	JFE430UD	16Cr	Deep drawability and anti-ridging property are improved over those of SUS430	Daily-use durable goods, kitchen equipment, architectural trimming, etc.
	JFE430XT	16Cr-Ti-UL (C)	Workability and weldability are improved over those of SUS430	Household appliance pads, kitchen equipment, architectural trimming, electric appliance, etc.
	JFE430LN	18Cr-Nb-L (C,N)	Workability and weldability are improved over those of SUS430	Bicycle rims, electric appliance, etc.
	JFE430CuN	19Cr-0.5Cu-Nb-L (C,N)	Corrosion resistance is improved over that of SUS430	Automobile trim, kitchen equipment, electric appliance, etc.
	JFE430LNM	18Cr-0.5Mo-Nb-L (C,N)	Good corrosion resistance to water environment	Hot water storage tanks, water boilers, thermo pots, etc.
	JFE434LN1	18Cr-1Mo-Nb-UL (C,N)	Workability and weldability are improved over those of SUS434	Hot water tanks, tanks for water coolers, etc.
	JFE434LN2	19Cr-2Mo-Nb-UL (C,N)	Corrosion resistance is equivalent to that of 316	Hot water tanks, solar heat connector plates, etc.
	JFE443CT	21Cr-0.4Cu-Ti-L (C,N)	Corrosion resistance is equivalent to that of 304	Kitchen equipment, electric appliance, construction, etc. (Substitution of SUS304)
	JFE443MT	21Cr-0.5Mo-Ti-L (C,N)	Crevice corrosion resistance is improved over that of JFE443CT	Hot water tanks, etc.
	JFE445NT	22Cr-1Mo-Ti-L (C,N)	Dissimilar metal weldability is improved over that of JFE445M	Hot water tanks, roof materials, etc.
	JFE445M	22Cr-1Mo-Nb-UL (C,N)	Good corrosion resistance in the warm water environment	Hot water tanks, exterior parts of buildings, etc.
	JFE30-2	30Cr-2Mo-Nb-UL (C,N)	Excellent corrosion resistance even in coastal areas	Exterior parts of buildings, roof materials, etc.
	JFE409L	11Cr-Ti-L (C,N)	Good weldability and formability	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE409SR	11Cr-1.5Si-Ti-UL (C)	Good weldability and formability	Burning appliance, catalytic converter, etc.
	SUS410	13Cr	So called "13Cr stainless steels"	Tableware, machinery parts, valves, etc.
	JFE439L	18Cr-Ti-L (C,N)	Good weldability, corrosion resistance and formability	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE432LTM	18Cr-0.5Mo-Ti-L (C,N)	Good weldability, corrosion resistance and formability	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE436LT	18Cr-1.2Mo-Ti-L (C,N)	Extra-high resistance to automotive exhaust condensate	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE429EX	15Cr-0.8Si-0.5Nb-L (C,N)	Good oxidation resistance, thermal fatigue resistance and formability	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE-MH1	15Cr-1.5Mo-0.5Nb-UL (C,N)	Heat resistance property is improved over that of JFE429EX	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE-TF1	17Cr-1.2Cu-Nb-Al-L (C)	Heat resistance property improved without Mo	Automobile exhaust system parts, etc.
	JFE18-3USR	18Cr-3Al-La-Zr-UL (C)	Excellent oxidation resistance at high temperature	Catalytic converter for diesel cars, etc.
JFE20-5USR	20Cr-5Al-La-Zr-UL (C)	Excellent oxidation resistance, with no deterioration even in very thin sheets	Catalytic converter for motorcycles and gasoline cars, etc.	
JFE20-5HS	20Cr-5Al-3Mo-La-Zr-UL (C)	High temperature strength is improved over that of JFE20-5USR	Catalytic converter for motorcycles and gasoline cars, etc.	
Martensitic	SUS410S	13Cr-L (C)	Good formability	Tableware, house ware, etc.
	SUS420J1	13Cr-0.2C	Suitable for parts requiring wear resistance	Tableware, house ware, etc.
	SUS420J2	13Cr-0.3C	Higher quench hardness than SUS420J1	Cutlery
	EN1.4116	14Cr-0.5C	Higher quench hardness than SUS420J2	Cutlery
	JFE410DB	12Cr-1.5Mn-0.05C	Wide range of quenching temperatures can be used to obtain required hardness by quenching	Disk brakes for motorcycles and bicycles
	JFE410DB-ER	12Cr-1.5Mn-Nb-0.05C	Heat resistance property improved over that of JFE410DB	Disk brakes for motorcycles with excellent heat resistance
	JFE410RW	12Cr-1.7Mn-Ti-L (C)	Good weld joint performance and corrosion resistance	Coal wagons

L: Low, UL: Ultra-low

レス鋼の開発を継続しており「JFE445NT」(22% Cr-1.0Mo-Ti)、「JFE443MT」(21% Cr-0.5% Mo-Ti)を「JFE443 ファミリー」シリーズとしてラインアップに加えている⁴⁾。

4.3 自動車・二輪車用ステンレス鋼の特長

自動車用ステンレス鋼の多くは排気系材料として使用されており、その他の用途としてモール材やドアスカップなどの外装用に使われている。排気系材料はホットエンドと呼ばれるエンジンに近い部位に使用されるものと、コールドエンドと呼ばれるエンジンから離れた部位に使用されるものに大別される。

ホットエンド用途としては、エキゾーストマニフォールド材料、触媒コンバーター用材料などがある。自動車は排ガス規制の関係から排気温度が上昇する傾向にあるため、エキゾーストマニフォールド材料の耐熱性向上が求められている。材料の耐熱性向上のためには高合金化する必要がある、それは加工性の低下を招く。「JFE429EX」(15% Cr-1% Si-Nb)は耐熱温度約750~800℃に対応した鋼種であるが、製造技術により γ 値の向上を図っている。「JFE-MH1」(15% Cr-1.6% Mo-Nb)はSUS444(19Cr-2Mo-Nb)と同等の約800~850℃の耐熱性を有し、加工性に優れ、Mo量を最小限に抑えたコストパフォーマンスに優れた鋼種である⁵⁾。近年、「JFE-MH1」は火花点火制御圧縮着火方式を採用したエンジン用のエキゾーストマニフォールドとコンバーター材に採用されている。さらに、CuおよびAl添加の省Mo鋼「JFE-TF1」(17% Cr-1.2% Cu-Nb-Al)を開発した。「JFE-TF1」は、Cuの析出強化に加え、Alの固溶強化を活用することで、Moを添加することなくMo添加高耐熱鋼SUS444と同等以上の耐熱性を実現している。2010年から販売を開始しており、SUS444の省Mo化、またはType429の薄肉軽量化を目的として採用されている¹²⁾。

触媒コンバーターはハニカム形状の担体の表面に貴金属触媒を担持したものである。担体にはセラミック担体とメタル担体があるが、メタル担体は30 μ m程度の薄い金属箔で構成されるため、排圧抵抗が小さいエンジン特性に有利であること、また熱容量が小さくエンジン始動時の浄化特性に優れることが特長である。薄い金属箔の状態耐酸化性が要求されることから、高Cr-高Alの材料が必要となる。当社ではメタル担体用材料としてガソリン車用の「JFE20-5USR」(20% Cr-5.5% Al-La-Zr)とディーゼル車用の「JFE18-3USR」(18% Cr-3% Al-La-Zr)を開発している。このような高合金の材料を1チャージ150tの規模で出鋼し、1000mmの幅で30 μ mの箔を製造できるメーカーは世界でもJFEスチールだけである。また、さらなる高強度高耐熱のニーズに対応するためにMoを添加した「JFE20-5HS」(20% Cr-5%

Al-3% Mo-La-Zr)を開発している⁶⁾。

コールドエンド用途としては、排ガス凝縮水による腐食が問題となるため、18% Cr-Tiの成分を基本に、必要な耐食性に応じてMo量を変化させた「JFE436LT」(18% Cr-1.2% Mo-Ti)、「JFE432LTM」(18% Cr-0.5% Mo-Ti)、「JFE439L」(18% Cr-Ti, Mo無添加)などがある。

5. おわりに

JFEスチールは、独自技術を生かした特長のある製造設備を最大限に活用し、高耐食性、高耐熱性、高耐酸化性、高加工性などに優れた性能を有するフェライト系およびマルテンサイト系ステンレス鋼を製造し、お客様にご提供している。今後も新しいステンレス鋼の開発に注力し、お客様に十分にご満足いただける商品をご提供する所存である。

参考文献

- 1) 小野寛, 垣内博之. 当社ステンレスの製造プロセスと製品特性. 川崎製鉄技報. 1985, vol. 17, no. 3, p. 193-201.
- 2) 川崎龍夫. 川崎製鉄のステンレス鋼製造技術—設備の特徴と製品開発一. 川崎製鉄技報. 1998, vol. 30, no. 2, p. 69-77.
- 3) 山下英明, 宇城工, 柳沼寛. JFEスチールのステンレス事業. JFE技報. 2008, no. 20, p. 1-9.
- 4) 石井知洋, 杉原玲子, 小堀克浩. 溶接部耐食性に優れたフェライト系ステンレス鋼JFE445NT, JFE443MT. JFE技報. 2021, no. 48, p. 19-25.
- 5) 宮崎淳. CO₂削減に貢献する高加工性高耐熱フェライト系ステンレス鋼(JFE-MH1, JFE-TF1[®]). JFE技報. 2021, no. 48, p. 26-33.
- 6) 水谷映斗, 福田國夫, 藤澤光幸. 優れた高温強度と耐酸化性を兼ね備えたステンレス箔「JFE20-5HS」. JFE技報. 2021, no. 48, p. 34-40.
- 7) 金子陽平, 納雅夫. 環境対応型ステンレス鋼製造プロセス. JFE技報. 2008, no. 20, p. 79-84.
- 8) 高島大洋, 藤堂渉, 寺島知道. 東日本製鉄所(千葉地区)におけるステンレス鋼製造能力向上の取り組み. JFE技報. 2021, no. 48, p. 7-12.
- 9) 猪瀬匡生, 松島朋裕, 田原和憲. 近赤外分光分析法を用いた鉄鋼酸洗液の高速酸濃度分析. JFE技報. 2016, no. 37, p. 41-44.
- 10) 高田英紀, 岡野陽祐, 山平尚史. ステンレス酸洗鋼板の微小スケール残り検査装置の開発. JFE技報. 2015, no. 35, p. 28-32.
- 11) 剣持光俊, 大重貴彦, 津田和呂. 主成分分析を適用した放射率変動の影響を受けにくい放射温度計と実機適用例. JFE技報. 2020, no. 45, p. 8-13.
- 12) 中村徹之, 太田裕樹, 加藤康. 省資源型高耐熱フェライト系ステンレス鋼「JFE-TF1」の開発. まてりあ. 2015, vol. 54, no. 1, p. 18-20.



菊山 正剛



杉原 玲子