

高合金製棒・鋼管の紹介

Introduction to High-Alloy Bar and Tube

1. はじめに

近年、高Ni系材料（以下、高合金）の市場が世界的な広がりを見せている。その背景には、航空宇宙のみならず、エネルギーや半導体といった現代の成長産業において、高合金製の棒鋼および鋼管の重要性が飛躍的に高まっていることが挙げられる。

エネルギー分野では、従来のオイル&ガス開発における過酷な腐食環境への対応にとどまらず、火力発電、化学プラント、海水淡水化設備などにおいて運転条件の過酷化が進行している。さらに近年は、水素・アンモニアのサプライチェーン構築やCCUS（二酸化炭素回収・貯留）、次世代原子炉（SMR）の実装が進むなかで、プラントの稼働環境はこれまで以上に高温・高圧・高腐食環境へとシフトしている。同時に設備のメンテナンスフリー化も強く求められており、汎用ステンレス鋼では対応限界となる領域が急速に拡大している。

一方、AIやIoTの普及を背景に成長を続ける半導体・電子部品分野では、デバイスの超微細化・高集積化に伴い、成膜・エッチング工程で用いられるガスが、ハロゲンガスやフッ酸などのより高反応・強腐食性のものへとシフトしている。結果として、部材の腐食生成物に起因するパーティクル汚染が歩留まりを左右する重大な課題となっている。さらには、半導体製造装置部品や配管の劣化に伴う交換頻度を低減し、装置のダウンタイム（停止時間）の削減を図るべく、構成部材には過酷な酸化性環境等においても従来を遥かに凌ぐ耐食性が必須となっている。

こうした最先端プロセスが要求するシビアな条件をクリアするため、特殊溶解技術による「均質なミクロ組織と高い清浄度」、そして汎用ステンレス鋼を凌駕する「耐食性・耐酸化性・機械的強度」を兼ね備えた高合金へのニーズは急増している。

当社は国内の特殊鋼専門メーカーとして唯一、棒鋼と継目無鋼管の一貫製造・供給体制を有しており、溶解から熱間加工に至る全プロセスにおいて、高い品質安定性と性能を実現する技術基盤を確立している。本稿では、これらの市場要求に応える「高信頼材料」として、今後益々需要の拡大が期待される当社の高合金棒鋼・鋼管について紹介する。

2. 高合金の特徴と用途

高合金は、Ni、Cr、Mo、Cu、Feなどを主成分として、優れた耐食性、耐酸化性、および機械的特性を有する。汎用ステンレス鋼では対応が困難な過酷な腐食環境や高温環境下においても卓越した性能を発揮するため、用途に応じて多様な鋼種が使い分けられる。

当社で製造している代表的な高合金について、概略化学成分、特徴と主な用途を表1にまとめる。

1) 高ニッケル含有合金（Ni 65%以上）

Ni含有量が極めて高いグループであり、特定の化学プロセスや海水環境において特異な耐食性を示す。アルカリ環境とハロゲンガスに強いAlloy 200/201、Niに32%Cuを添加したAlloy 400、NiにCrを添加して高温での耐酸化性や塩化物環境下での耐応力腐食割れ性を改善させたAlloy 600などが挙げられる。

2) 高耐食・高強度ニッケル基合金（Ni 45%以上）

苛酷な腐食環境への適応（耐食性重視）と、高温下での構造的安定性（強度重視）を目的として区分できる。耐食性重視の用途においてはAlloy C276/C22はMoとCrを含有し、酸化性から還元性まで広範な過酷腐食環境で卓越した耐食性を示す。特にAlloy C22は耐孔食性・耐隙間腐食性がさらに強化されており、半導体製造装置や排煙脱硫装置などに広く採用されている。一方、高温強度が重視される用途において、Alloy 718は析出強化により650～700℃まで極めて高い引張強度とクリープ強度を維持するため、航空エンジンや油井管に広く採用されている。しかし、これを超える温度域では析出相の粗大化により軟化が進むため、800℃程度まで安定した強度を要する場合には、固溶強化型のAlloy 625が適する。さらに、1200℃に達する超高温域では、優れた耐酸化性と組織安定性を有するAlloy Xが、ガスタービン燃焼器などの主要部材として使用される。

3) 鉄・ニッケル・クロム基合金（Ni 30～45%）

Ni含有量が低いため、コストと性能のバランスに優れ、特定の腐食媒体や高温環境に特化した合金群である。FeとCr、Mo、Cuを添加したAlloy 825は酸化・還元両方の

酸に強く、Alloy 20は高濃度の硫酸に対して極めて優れた耐食性を有する特徴を持ち、いずれも化学プラントの熱交換器や配管に用いられる。また、Al、Tiも添加したAlloy

800HTは高温下での長時間使用においてもクリープ破断強度が極めて高く、加熱炉管や発電設備などの高温構造部材として広く利用されている。

表1 代表的な高合金の特徴と主な用途

1) Ni含有量が65%以上

鋼種名	Alloy 200/201 UNS N02200/2201	Alloy 400 UNS N04400	Alloy 600 UNS N06600
概略成分	99.0 以上 Ni	66Ni-32Cu-1Fe	76Ni-16Cr-8Fe
特徴	苛性ソーダなどのアルカリ環境とハロゲンガスに対して極めて優れた耐食性を持つ。	海水、還元性の酸（フッ酸、塩酸など）、およびアルカリ環境に対して優れた耐食性を持つ。	高温酸化性、および塩化物応力腐食割れや高純度水に対し優れた耐食性を持つ。
主な用途	食品・薬品製造装置、合成繊維製造装置	海水淡水化装置、熱交換器、バルブ・ポンプ	化学・食品プラント部品、熱処理炉部品、原子炉部品
適用規格 ASTM/ASME	棒：B160/SB160 管：B161/SB161、B163/SB163	棒：B164/SB164 管：B163/SB163、B165/SB165	棒：B166/SB166 管：B163/SB163、B167/SB167

2) Ni含有量が45%以上

<耐食性重視>

鋼種名	Alloy C276 UNS N10276	Alloy C22 UNS N06022
概略成分	57Ni-15.5Cr-16Mo-3.5W-5Fe	57Ni-21Cr-13.5Mo-3W-3Fe
特徴	酸化性から還元性まで、非常に過酷な腐食環境（塩化物、硫酸、硝酸など）で卓越した耐食性を示す。	C276 に比べて、耐孔食性や耐隙間腐食性を更に向上。酸化・還元環境の両方に極めて強い。
主な用途	化学プラント、排煙脱硫装置、廃棄物処理設備、製紙工業	排煙脱硫装置、半導体製造装置部品、有害廃棄物処理設備
適用規格 ASTM/ASME	棒：B574/SB574 管：B622/SB622	棒：B574/SB574 管：B622/SB622

<高温強度重視>

鋼種名	Alloy 718 UNS N07718	Alloy 625 UNS N06625	Alloy X UNS N06002
概略成分	52Ni-19Cr-3Mo-5Nb-1Ti-0.5Al-19Fe	61Ni-22Cr-9Mo-3.5Nb-2Fe	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe
特徴	700℃付近まで極めて高い引張強度とクリープ強度を発揮する。	海水環境や各種酸における耐孔食性・耐隙間腐食性に優れる。	1200℃までの高温下で優れた強度と耐酸化性を発揮。成形性や溶接性も非常に良好。
主な用途	油井管・掘削ツール、ガスタービン、航空エンジン部品	海洋構造物、排煙脱硫装置、化学プラント、航空宇宙部品	ガスタービン、エンジン部品、燃焼器、工業用炉部品、化学プラント
適用規格 ASTM/ASME	棒：B637/SB637 管：B983/SB983	棒：B446/SB446 管：B444/SB444	棒：B572/SB572 管：B622/SB622

3) Ni含有量が30～45%

鋼種名	Alloy 825 UNS N08825	Alloy 20 UNS N08020	Alloy 800HT UNS N08811
概略成分	42Ni-21.5Cr-3Mo-2Cu-0.9Ti-30Fe	35Ni-20Cr-2.5Mo-3.5Cu-0.6(Nb+Ta)-37Fe	32.5Ni-21Cr-1(Al+Ti)-45Fe
特徴	硫酸・リン酸・硝酸など酸化・還元両方の酸に強い。応力腐食割れや局部腐食にも優れた耐性。	高濃度の硫酸に対して極めて優れた耐食性を持つ。塩化物による腐食割れにも強い。	高温長時間の環境下でも変形（クリープ）や破断に強い。
主な用途	石油化学プラントの熱交換器、配管、海洋プラント部材	石油化学プラントの熱交換器、配管、ポンプ、バルブ	石油化学プラントの加熱炉管、熱交換器、発電設備、熱処理炉
適用規格 ASTM/ASME	棒：B425/SB425 管：B163/SB163、B423/SB423	棒：B473/SB473 管：B729/SB729	棒：B408/SB408 管：B163/SB163、B407/SB407

3. 高合金の製造工程

高合金棒鋼・鋼管の概略製造工程を表2に示す。汎用ステンレス鋼とはほぼ同様の工程であるが、各工程での条件は高合金に最適化して製造している。

溶解炉は汎用ステンレス鋼と同じ大型電気炉のほか、小ロット対応に適したVIMも併用している。また、不純物除去および凝固組織改善のため、電気炉またはVIMの溶解の後、ESRやVARで再溶解するものもある。溶解後の鋼塊を鍛造プレスや圧延機で熱間加工することで棒鋼や管材（押出ピレット用素材）が製造される。

棒鋼については、熱処理後に所定の寸法まで二次加工されて検査を実施する。一方、鋼管については、管材を押出プレスにて熱間継目無鋼管とした後、コールドピルガーにて冷間圧延を加えることで小径・薄肉管にも対応している。圧延後は、熱処理－矯正－酸洗－検査を行い出荷される。鋼管の検査では渦流探傷検査、超音波検査、水圧試験の非破壊検査が実施可能で、表面や内部の品質を保証している。

4. 高合金の製造範囲

高合金棒鋼、鋼管の標準的な製造範囲は表3の通りである。

ここでは、参考としてAlloy 825鋼管（冷間仕上げ品）の製造範囲を図1に示す。

なお、鋼種により製造範囲が異なり、一部は拡充途中のため、ご検討の際にはお問い合わせ頂きたい。

5. おわりに

今後もエネルギー分野における設備の高温・高圧化や腐食環境の高度化、ならびに半導体分野における高純度・高信頼材料への要求は一層強まることが見込まれます。当社はこうした市場動向を見据え、棒鋼と鋼管を両軸とした高Ni系の高合金製品の展開により、用途・工程ごとに最適化された材料を提供してまいりました。

今後も、溶解・加工・品質管理に至るまでの技術基盤をさらに磨き上げ、過酷な環境下においても長期にわたり信頼される材料を安定して供給し続けることで、お客様のものづくりと持続的な産業発展に貢献してまいります。

表2 高合金棒鋼・鋼管の製造工程

< 棒鋼 >

工程	溶解	熱間加工	熱処理	二次加工	検査
設備	電気炉 VIM VAR/ESR	鍛造プレス 圧延機	固溶化 熱処理炉	旋盤 ピーリング機	超音波探傷機 外観目視

< 鋼管 >

工程	溶解	管材熱間加工	熱間押出	冷間圧延	熱処理	酸洗	検査
設備	電気炉 VIM VAR/ESR	鍛造プレス 圧延機	押出プレス	コールド ピルガー	固溶化 熱処理炉	酸洗槽	渦流探傷機 超音波探傷機 水圧検査

表3 高合金棒鋼・鋼管の製造範囲

< 棒鋼 >

直径	長さ	表面状態
16 ~ 250mm	2 ~ 7m	ターニング、ピーリング

< 鋼管 >

外径	肉厚	長さ	表面状態
16 ~ 114.3mm	1.5 ~ 12.0mm	≤ 15m	酸洗、光輝焼鈍

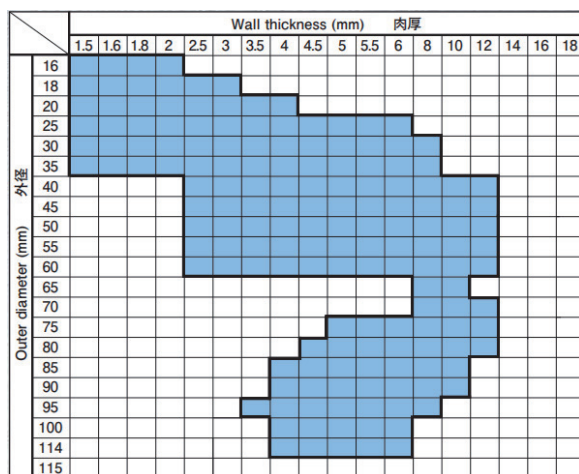


図1 Alloy 825 鋼管（冷間仕上げ品）の製造範囲