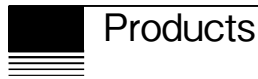


製品紹介



環境に貢献する大同の肌焼鋼

1. 緒言

近年、地球環境保護の観点から自動車などの輸送機では走行中のCO₂排出量低減のための燃費向上のみならず、生産時のCO₂排出量の低減が求められている。歯車などの浸炭部品では、冷間鍛造や真空浸炭など環境負荷の小さい工程への変更が進んでいる。

大同特殊鋼(株) (以下、当社) では、このような環境負荷の小さい製造工程に適した歯車用鋼を多数開発してきた。本稿では、真空浸炭用鋼、結晶粒粗大化防止鋼、冷間鍛造用鋼についてその特性を紹介する。

2. エッジ部過剰浸炭抑制鋼 / DEG

真空浸炭は従来のガス浸炭と比べ操業中のCO₂排出量が少なく、普及が進んでいる工程である。しかし、炭素濃度が表面形状の影響を受けるといった特徴があり、エッジ部先端の炭素濃度が平面部と比較して高くなることが知られている。例えば歯車の歯面部を最適な炭素濃度とすると歯端のエッジ部は最適な炭素濃度より高い、いわゆる過剰浸炭された状態となる。このため、残留オーステナイトの過剰生成、粒界への網目状炭化物の析出による不完全焼入組織の生成などから十分な硬さが得られず、エッジ部の強度が低下することが指摘されており¹⁾、本格的な普及への課題とされていた。当社では、このようなエッジ部過剰浸炭を抑制できる真空浸炭用鋼「DEGシリーズ」を開発している。表1にDEGシリーズの構成を示す。DEGシリーズは当社が独自に解明した真空浸炭の炭素浸入機構²⁾を元に、状態図を制御し真空浸炭中の炭化物生成量を減少させることでエッジ部過剰浸炭を抑制している。

図1に当社製真空浸炭炉「ModulTherm」で処理したSCM420、DEG30-Mの組織を示す。SCM420では平面部は炭化物が存在しない健全な組織であるが、エッジ部は過剰浸炭されており粒界に粗大な炭化物が生成している。しかし、DEG30-Mでは平面部・エッジ部とも炭化

物が存在しない健全な組織となっている。

また、この組織をもったエッジ部を図2の4点曲げ試験で測定したところ、図3のようにSCM420では150°エッジでガス浸炭材よりも高い強度を示すもののエッジの鋭角化に伴い急速に低下し、60°エッジでは150°の40%程度の強度となる。このため例えば歯車をSCM420で作成し真空浸炭した場合には、平面部である歯尖付近の強度は向上するが、エッジ形状となっている歯端の強度が低下し、歯端部から破壊する懸念がある。DEG30-Mではエッジ部過剰浸炭が抑制され、平面部の強度を鋭角でも維持できるため、歯車でも歯端の強度低下が起これず部品全体の強度が向上する。このことから、DEGシリーズを用いることでエッジ部を持つ部品であっても真空浸炭の欠点をカバーし利点を生かすことが可能である。

表1 DEGシリーズの構成

	代替鋼	許容角度※	Ni	Mo
DEG80-R	SCr420	80°	-	-
DEG30-R		30°	-	-
DEG80-M	SCM420	80°	-	add
DEG30-M		30°	-	add
DEG30-N	SNCM220	30°	add	add

※ 950℃浸炭・平面部の表面炭素濃度 0.75 mass%時に炭化物が析出しない角度を表す。

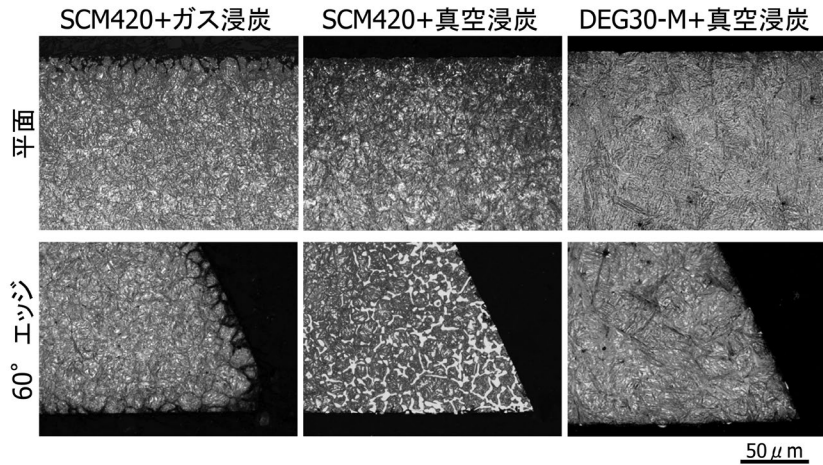


図1 JIS 鋼および DEG 鋼の浸炭組織

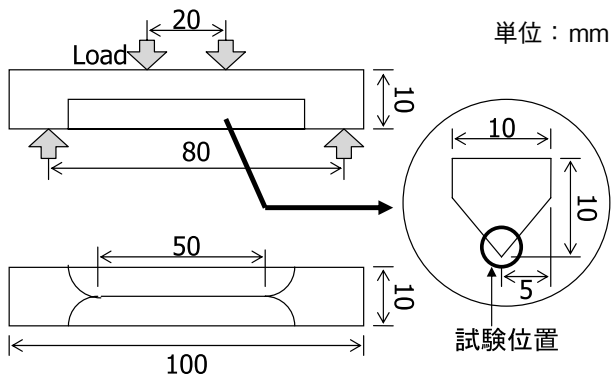


図2 エッジ4点曲げ試験

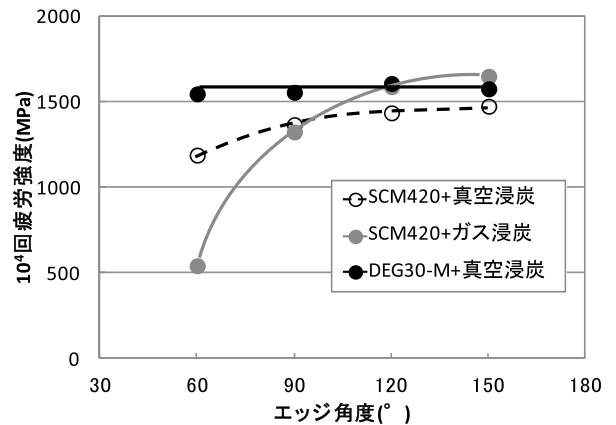


図3 エッジ4点曲げ試験結果

3. 結晶粒粗大化防止鋼 / ATOM

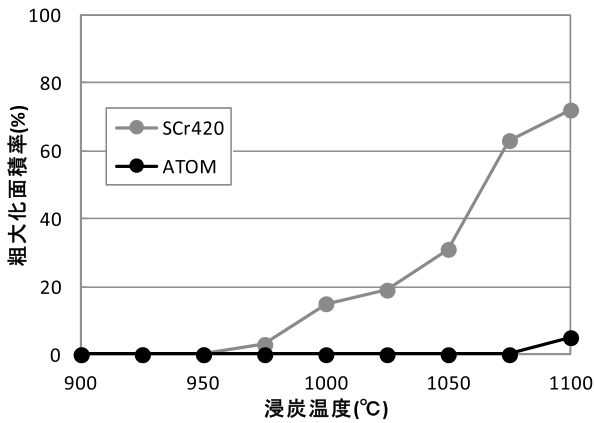
浸炭は非常に長い時間を要する工程であるため、省エネルギー化のみならずタクトタイム短縮のための短時間化要求が強い。高温ほど炭素の拡散速度が速く、例えば1020℃では920℃の3倍になるため高温化により浸炭時間を短縮できる。また、ガス浸炭炉がホットウォールで構成されているのに対し、真空浸炭はコールドウォールで構成され耐久性が向上しているため、その普及に伴って高温迅速浸炭は容易になりつつある。

しかしながら、高温化に伴って結晶粒の成長が加速され粗大化しやすくなる。一般には結晶粒が大きくなる(=結晶粒度が小さくなる)と疲労強度や靱性が低下するとされるため、高温浸炭のためには粗大化対策が必須である。通常、浸炭用鋼ではNおよびAlが添加されており、AIN析出物による結晶粒界のピン止め効果を利用した結晶粒制御が行われている。

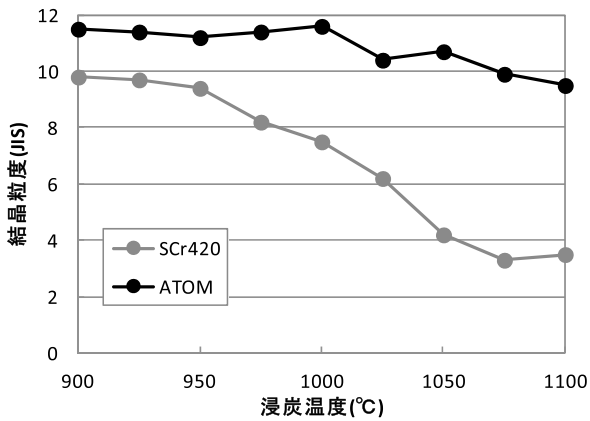
しかし、AINは高温で固溶しやすくピン止め効果を維持できなくなるため、AINだけでは高温浸炭には不十分である。これに対しNbの炭窒化物はAINに比べて安定なため、高温浸炭でも結晶粒制御を行うことができる。この原理を利用したのが結晶粒粗大化防止鋼「ATOM鋼」である。表2にATOM鋼の成分を、結晶粒成長特性を図4に示す。JIS SCr420が1000℃以上で急速に粗大化するのに対しATOM鋼1050℃でも粗大化しない。ATOM鋼は高温迅速浸炭用鋼として省エネルギー化に寄与できる浸炭用鋼である。

表2 ATOM, ALFA, Super-ALFA 鋼の成分

	C	Si	Mn	Cr	s-Al	B	Ti	Nb
SCr420	0.20	0.23	0.76	1.02	0.032	-	-	-
SCr420-ATOM	0.21	0.24	0.76	1.03	0.028	-	-	add
ALFA	0.20	0.07	0.50	1.00	-	add	add	-
Super-ALFA	0.18	0.10	0.50	1.50	-	add	add	add



(a)



(b)

図4 ATOM 鋼の結晶粒粗大化特性

4. 冷間鍛造用歯車用鋼/ALFA・Super-ALFA

冷間鍛造は熱間鍛造に比べて加熱に要するエネルギーが不要となるのみならず、加工精度が高く鋼材歩留りが高いため非常に環境負荷の小さい工法である。しかしながら歯車部品は複雑形状であることが多く、素材は変形抵抗が低く変形能が高いことを要求されるため、冷間鍛造素材には球状化焼鈍 (SA:Spheroidizing annealing) を施されることが多い。球状化焼鈍はA1 変態点直上で数

時間の保持を行った後に徐冷する処理であり、長時間を要することから冷間加工による環境負荷低減効果を半減させてしまう。この球状化焼鈍を省略・簡略化するには鋼材の供給段階において硬さが低いことが必要である。圧延状態の硬さは鋼材成分の影響が大きく、特にフェライト強化元素である Si, Mn の影響が顕著である。しかし、単純にこれらの元素を低減すると焼入性が不足するため、鋼材の硬さへの影響が小さく焼入性向上効果の高い B を利用して焼入性を維持する。さらに圧延技術による低い硬さを保証した鋼材が ALFA 鋼である。表2 に ALFA 鋼の代表的な成分を示す。またこの ALFA 鋼を球状化焼鈍した場合には、一般的な鋼に比べてはるかに低い硬さが得られるため、歯型鍛造のように変形量が大きく高い加工精度が要求される冷間鍛造にも対応でき、加工精度や型寿命の向上も期待できる。

また、前述の結晶粒粗大化防止機能も兼ね備えた Super-ALFA 鋼も開発しており冷間加工後の焼準を省略して浸炭を行うことができる。ALFA 鋼および Super-ALFA 鋼の硬さを図5 に示す。これらの鋼は自動車用の歯車やシャフトに適用されている。

ALFA 鋼や Super-ALFA 鋼の強度特性はベースとなる鋼の強度と同等であるが、図6 のように衝撃強度は大幅に向上する。これは B が P の粒界偏析を抑制することにより浸炭層の粒界強度を向上するためとされている。

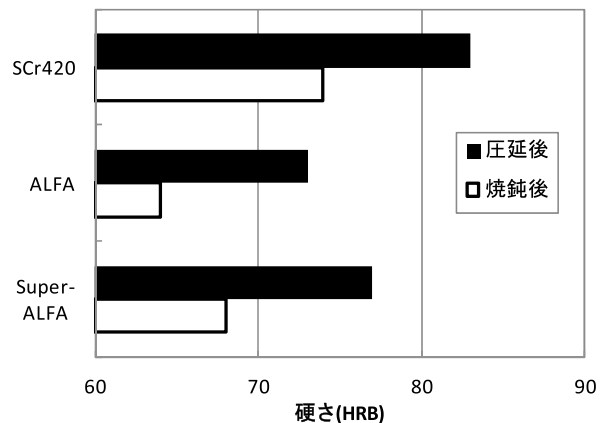


図5 ALFA 鋼の硬さ

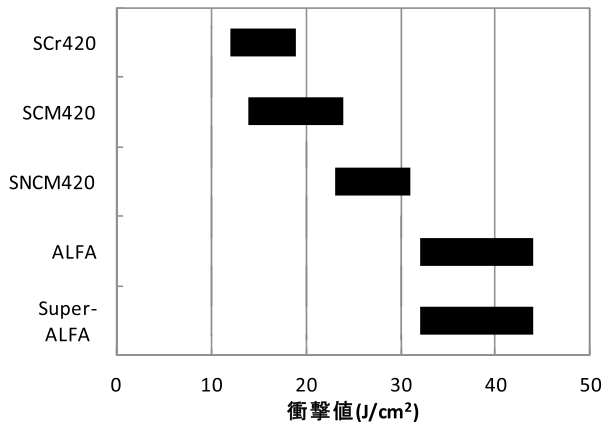


図6 ALFA鋼の耐衝撃特性

5. 結 言

本稿で紹介した開発鋼種はすでに自動車用歯車などに適用されており、省エネルギーに貢献している。近年、機械部品は高強度化や低コスト化はもとより、低環境負荷化が志向されており、歯車はその代表格ともいえる。したがって、浸炭歯車用鋼の開発は、常に先端の材料技術や製造技術を応用し、特殊鋼開発の先頭を走っている。当社においては、今後も新しい技術を取り入れた鋼材・プロセス開発を行い、歯車はもとより多くの機械部品の競争力の向上に貢献し続けていく所存である。

(文 献)

- 1) K. D. Jones and G. Krauss : Heat Treat, 79(1980), 188.
- 2) 森田敏之, 羽生田智紀: 鉄と鋼, 92(2006), 268.

(問合せ先)

大同特殊鋼(株) 特殊鋼棒線事業部
自動車材料ソリューション部

TEL: 03-5495-1273 FAX: 03-5495-6740