

製品紹介

Products

超高強度真空浸炭用鋼

1. はじめに

近年、自動車は持続可能な社会の実現のため、従来の化石燃料を使用したエンジンからの脱却を目指し、電気自動車、ハイブリット車を始めとする電動車への置き換えが進んでいる。電動車に搭載される駆動用モータは、小型化のために高回転化が志向され、これに伴い、歯車の使用環境はいつそう厳しくなっている。また、電費向上や車内空間確保のためにパワートレインは小型・軽量化が求められ、歯車には高強度化のニーズがますます高まっている。

歯車の損傷形態は、歯面剥離損傷（ピッチング、摩耗など）と歯元折損（低サイクル/高サイクル）に大別される。歯車を高強度化するためには、歯面・歯元のいずれの損傷も抑制する必要がある。すなわち、面疲労強度、歯元の曲げ疲労強度を向上させることが重要である。

これらのニーズに応えるため、大同特殊鋼(株)（以下、当社という）は「真空浸炭」^{1), 2)}と「ショットピーニング（以下、SPという）」^{3) ~ 5)}により、面・曲げ疲労強度を大幅に向上可能な高強度化技術を開発してきた。しかし、母材の高強度化に伴う粒界強度の相対的な低下や介在物起因での曲げ疲労強度ばらつきが顕在化してきた。そこで当社では、さらなる強度向上のため、上述した高強度化技術をベースに、さらなるアロイデザインと「高纯净度化技術」を適用することで、面疲労強度と曲げ疲労強度を従来にないレベルに高めた鋼を開発したので紹介する。

2. 開発鋼の特徴

表1に開発鋼とJIS-SCr420の組成を示す。開発鋼は、エッジ過剰浸炭を抑制可能で真空浸炭処理に適したDEG[®]鋼をベース^{1), 2)}に成分設計を行い、Siを増量することで、さらなる面疲労強度向上を志向している。加えて、粒界強化・靱性向上による低サイクル曲げ疲労強度向上を目的にNi, Moを添加し、さらにPなどの不純物元素を低減している。ただし、浸炭層の過剰な残留

オーステナイト（以下、残留 γ という）による軟化を抑制するため、全成分を調整している。

表1. 主な化学成分 (mass%)

鋼種	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Mo	Nb
開発鋼	0.2	増	減	減	添加	減	添加	添加
JIS-SCr420	0.2	0.2	0.8	≤ 0.030	-	1.0	-	-

また、開発鋼は高纯净度を実現するため、世界トップレベルの再溶解技術を駆使して、溶鋼中介在物を極限まで低減した。再溶解技術の適用により、AINなどの分散粒子が減少し、結晶粒界のピン止め力の低下が生じる。そのため、浸炭時に結晶粒粗大化が起こる懸念があり、その対策として本開発鋼ではNbを添加し、NbCを析出させて結晶粒粗大化を抑制⁶⁾している。

3. 開発鋼の疲労強度特性

(1) 面疲労強度特性

面疲労強度は、300℃焼戻し硬さと正の相関があることが知られている⁴⁾。図1に、開発鋼とJIS-SCr420の各焼戻し温度における硬さを示す。本図が示すように、開発鋼はSiを増量、かつ過剰な残留 γ を抑制した合金設計であるため、JIS-SCr420対比で焼戻し軟化抵抗が高く、300℃焼戻し後においても高い硬さを得ることができる。また、2段SPを適用することで、さらに高い300℃焼戻し硬さを得ることが可能である。なお、実際の面疲労特性においても、開発鋼-2段SPはJIS-SCr420対比で高い強度が得られることを確認している。

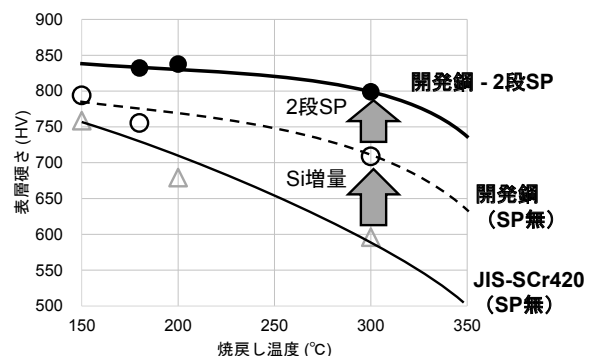


図1. 開発鋼の焼戻し軟化抵抗。

(2) 低サイクル曲げ疲労強度(10^4 回)

図2に歯車の歯底形状を模擬した切欠きを有する試験片を用いた4点曲げ試験結果を、図3にその破面観察結果を示す。JIS-SCM420-2段SPでは、図3(a)に示すとおり、疲労試験後(低サイクル)破面に粒界破面が確認される。一方、図3(b)に示す開発鋼-2段SPにおいては、前述の合金設計により狙いどおり粒界破壊を抑制できている。その結果、図2に示すとおり、開発鋼-2段SPの 10^4 回曲げ疲労強度はJIS-SCr420対比で65%、JIS-SCM420-2段SP対比では20%の強度向上を達成している。

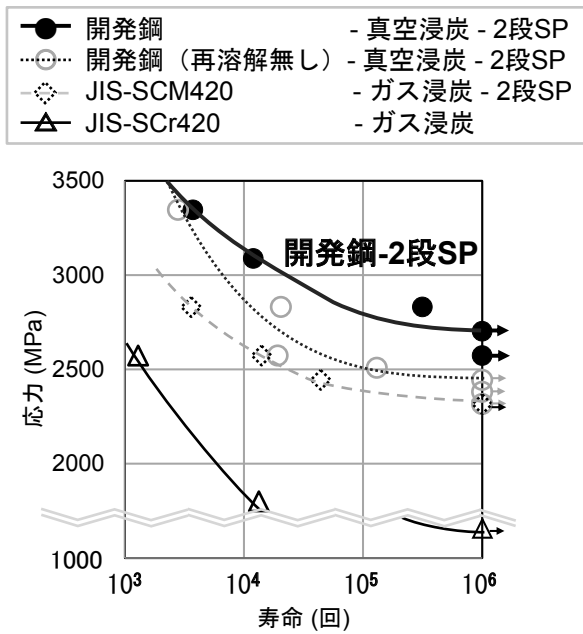


図2. 開発鋼の曲げ疲労強度特性.

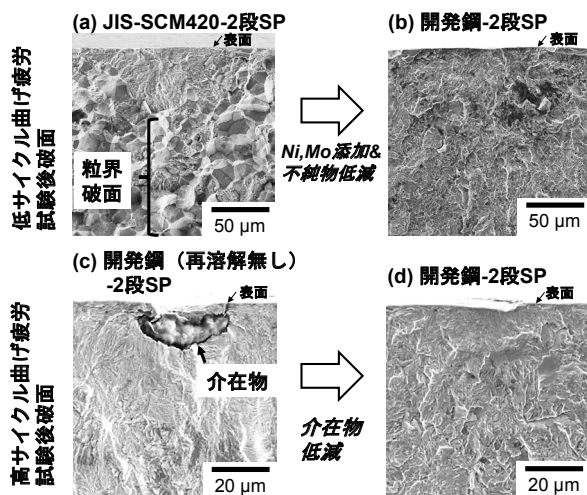


図3. 開発鋼の曲げ疲労試験後の破面.

(3) 高サイクル曲げ疲労強度(10^6 回)

図3(c)に示すとおり、開発鋼(再溶解無し)-2段SP

では、疲労試験後(高サイクル)破面に破壊起点と推定される介在物が認められる。一方、図3(d)に示す高纯净度化技術を適用した開発鋼-2段SPの疲労試験後破面には介在物は認められない。すなわち、開発鋼は真空浸炭および2段SPで表層を強化した効果を最大限発揮しており、図2に示すとおり、開発鋼-2段SPは 10^6 回曲げ疲労強度が、JIS-SCr420対比で130%、JIS-SCM420-2段SP対比で20%向上している。

4. おわりに

今回、JIS-SCr420に対して面疲労強度および曲げ疲労強度(低サイクル/高サイクル)を大幅に向上させた開発鋼の諸特性を紹介した。現在、本開発鋼は歯車として実用化されている。

当社では、本開発鋼を含め、汎用~高強度まで幅広く歯車用鋼のラインナップを揃えている。今後もユーザの多様なニーズに応じていくため、さらなる製品開発を進め、素材の可能性を追求していく所存である。

(文献, 引用)

- 1) 森田敏之, 松村康志: 電気製鋼, 81(2010), 109.
- 2) 大同特殊鋼(株): 電気製鋼, 79(2008), 83.
- 3) 大同特殊鋼(株): 電気製鋼, 81(2010), 165.
- 4) 石倉亮平, 井上圭介, 小林祐次, 辻俊哉: 電気製鋼, 81(2010), 99.
- 5) 加藤万規男, 松村康志, 石倉亮平, 小林祐次, 宇治橋諭: 電気製鋼, 79(2008), 69.
- 6) 紅林豊: 電気製鋼, 67(1996), 26.

(問合せ先)

大同特殊鋼(株) 鋼材営業本部
材料技術サービス部
東京第一技術サービス室
石倉亮平
TEL: 03-5495-1273
FAX: 03-5495-6740
e-mail: r-ishikura@ac.daido.co.jp



大同特殊鋼(株) 技術開発研究所
構造材料研究室
神谷尚秀
TEL: 052-611-9416
FAX: 052-611-7399
e-mail: n-kamiya@bw.daido.co.jp

