

製品紹介

Products

高強度浸炭窒化用鋼

1. はじめに

近年、環境問題を背景として、自動車の燃費向上が非常に強く求められている。このため、金属製プッシュ式ベルトを用いた無段変速機（CVT, Continuously Variable Transmission）の普及が加速しているが、さらなる燃費改善のため変速機の小型・軽量化ニーズが強くなっており、CVT 部品には一層高い強度が要求されている。

ベルト CVT はベルトとプーリー間の摩擦力により動力を伝達するため、プーリーにはベルトとの摺動に対する耐剥離摩耗性と、曲げなどの繰り返し応力に対する疲労強度とを兼ね備える必要がある。

プーリーの高強度化としては、微粒子ピーニングによる摺動面の硬さ向上および粗さ低減が有効な手法であり、一部に適用されている¹⁾が、コストアップを伴うために低廉化ニーズも強い。

大同特殊鋼(株)では、歯車や軸受などの面疲労強度に一般的に有効とされる浸炭窒化プロセス^{2)~4)}に着目し、特に CVT プーリーに求められる摺動面の耐剥離摩耗性と曲げ疲労強度を両立する高強度ガス浸炭窒化用鋼を開発したので、以下にその諸特性を紹介する。

2. 高強度浸炭窒化用鋼の概要

開発した高強度浸炭窒化用鋼の組成を表1に示す。比較として、一般的に歯車や CVT プーリー用の浸炭鋼として広く用いられている JIS-SCM420 の組成を併記した。

表1 化学成分 (mass%)

鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo	備考
開発鋼	0.20	0.10	1.50	0.60	0.15	—
既存鋼	0.20	0.20	0.80	1.00	0.15	JIS SCM420

開発鋼は、ガス浸炭窒化処理を前提とし、特に曲げ疲労強度改善を主として合金設計されており、Si と Cr 量を抑え、Mn を添加していることが特徴である。

ガス浸炭窒化では、ガス浸炭と同様に浸炭層表面に粒界酸化層が形成される。この粒界酸化層は破壊の起点として作用するため、特に選択酸化され易い Si 量⁵⁾を低減させている。浸炭窒化処理して得られた SCM420 の Cr 窒化物 (CrN) の析出状況を図1に示す。旧オーステナイト粒界および粒内にサブミクロンオーダーの CrN が析出していることがわかる。このため、窒化物の多量析出に起因した不完全焼入組織の誘発により十分な硬さが得られず、破壊起点やき裂伝播経路の作用として、強度の低下を招く懸念がある。したがって、CrN の析出を軽減すべく Cr のバランスを調整している。なお、Mn 添加については Si および Cr 量を低減したことによる焼入性の低下を補完する役割を担っている。

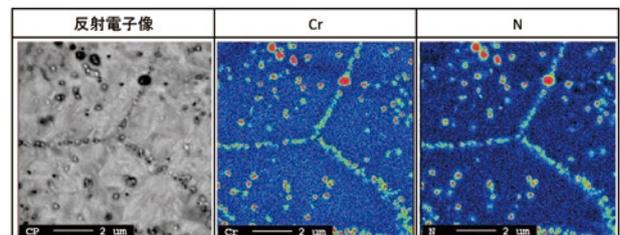


図1 SCM420 のガス浸炭窒化処理後の CrN 析出状況

3. 高強度浸炭窒化用鋼の特徴

(1) 耐剥離摩耗性

図2にローラーピッチング試験機を用いた摩耗試験結果を示す。ガス浸炭窒化を施した SCM420 および開発鋼では、従来の SCM420 のガス浸炭材に比べ、耐摩耗性が大幅に改善している。試験後の摩耗状況の一例を図3に示す。本試験の摩耗は、微小剥離による摩耗（ピーリング摩耗）の形態を呈しており、CVT プーリーの摩耗¹⁾をよく再現している。これらのことから、浸炭窒化プロセスは、従来の歯車のピッチングや軸受部品の剥離損傷などと同様に、耐剥離摩耗性の向上に対しても有効な方策であるということが出来る。

(2) 曲げ疲労強度

図4に示す切欠き試験片（応力集中係数1.8）での小野式回転曲げ疲労試験結果を示す。SCM420ではガス浸炭からガス浸炭窒化プロセスへの変更により強度が低下するケースがあるのに対し、開発鋼では安定して約10%の高強度化を達成している。これは、開発鋼の低Si化による粒界酸化層形成の抑制をはじめ、CrN析出の抑制による疲労き裂の発生および伝播を抑制した効果として理解できる。このことから、開発鋼を用いることでガス浸炭窒化による面疲労強度の向上のみならず、曲げ疲労強度に対しても利点を生かすことが可能である。

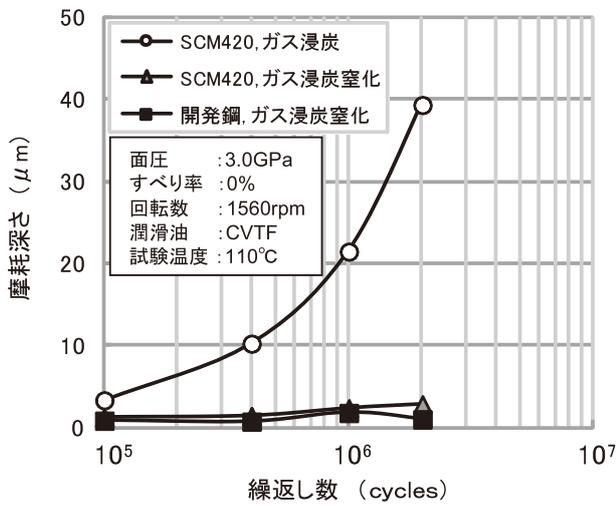


図2 剥離摩耗試験結果

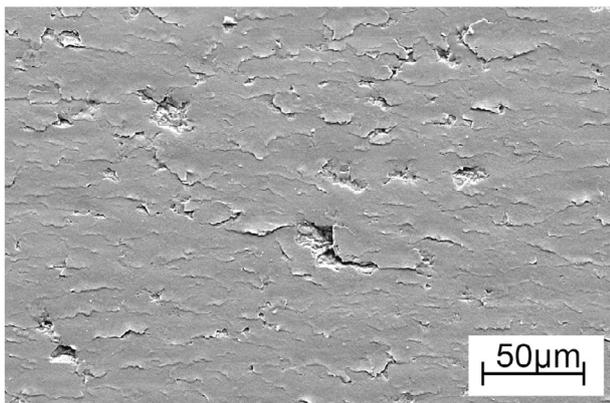


図3 ローラーピッチング試験後の摩耗形態 (SCM420)

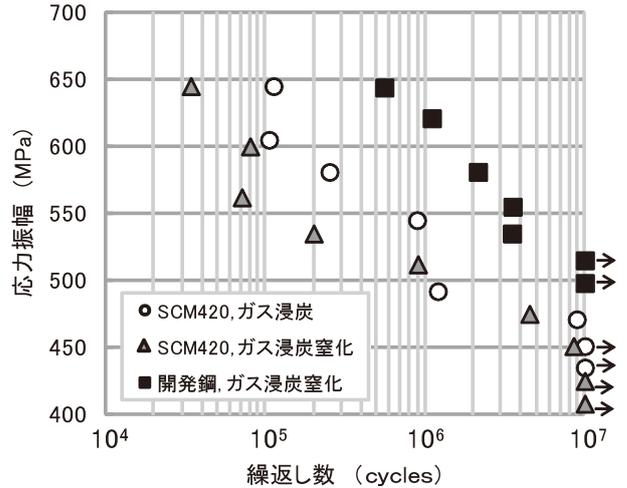


図4 小野式回転曲げ疲労試験結果

(3) 被削性

図5に被削性評価結果の一例として開発鋼の旋削寿命試験結果を示す。図は超硬工具の逃げ面平均摩耗が150 μmに達した時間を工具寿命 (V_{BX150}) と定義し、この被削性の指標と被削材の硬さの関係を示したものである。開発鋼は焼準処理により88 HRB程度までの軟化が可能で被削性も従来の肌焼鋼のデータバンドの範囲内であることがわかる。

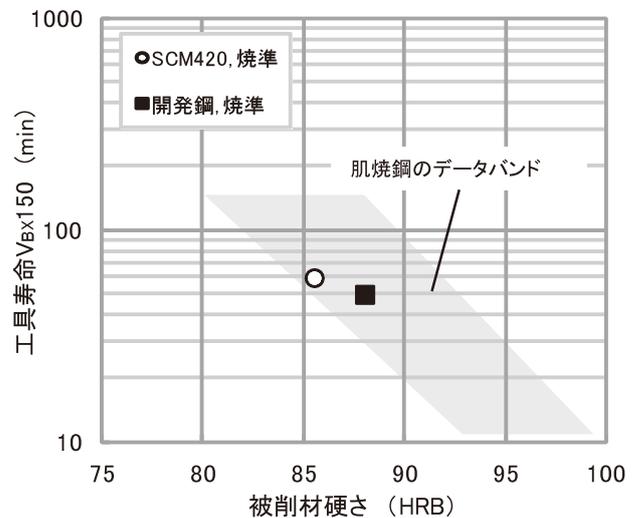


図5 工具寿命と被削材の硬さの関係

4. おわりに

従来のガス浸炭用鋼に対し、優れた耐剥離摩耗性と曲げ疲労強度を有する高強度ガス浸炭窒化用鋼の考え方および諸特性に関して簡単に紹介した。

近年、部品生産中のCO₂排出量低減などの環境問題を背景に真空浸炭の実用化が加速している一方で、ガス浸炭窒化は、現状最も普及しているガス浸炭のさらなる改善プロセスとして位置付けられる。本報では、ガス浸炭窒化を用いたCVTプーリーへの高強度化技術として紹介したが、歯車の歯元曲げ疲労強度や歯面ピッチング疲労強度においても同様に有効な技術であり、幅広い部品の小型軽量化に寄与可能な技術として、今後の適用拡大が期待される。

(文献)

- 1) 吉田誠, 池田篤史, 黒田正二郎, 武河史郎, 可地淳:
JATCO Technical Review, 5(2004), 51.
- 2) 渡辺陽一, 成田直樹, 梅垣俊造:自動車技術, 54
(2000), 6, 84.
- 3) 永濱睦久, 岩崎克浩, 安部聡:神戸製鋼技報, 56
(2006), 3, 53.
- 4) 倉部兵次郎, 荒木透:鉄と鋼, 53(1967), 1305.
- 5) 磯川憲二, 並木邦夫:電気製鋼, 57(1986), 13.

(問合せ先)

大同特殊鋼(株) 特殊鋼製品本部
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