

製品紹介

Products

高疲労強度歯車のための「DASP®」

1. はじめに

近年、地球温暖化の原因とされる CO₂ 排出抑制を背景として、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、変速機は急速に多段化・軽量化が進行中であり、変速機に用いられる歯車には一層高い疲労強度が求められている。歯車の従来の高強度化手法としては、ガス浸炭時の粒界酸化・浸炭異常層を抑制する高強度歯車用鋼の適用¹⁾ および、ショットピーニング（以下、SP という）による表層の高硬度化、圧縮残留応力の付与などが代表的な手法であったが、現在求められている上述の高疲労強度化要求には十分に答えられてはいない。

大同特殊鋼(株)（以下、当社という）では、新東工業(株)と共同で材料技術・熱処理技術・SP 技術の融合により従来対比大幅な曲げ疲労強度向上を実現した革新的プロセス技術 DASP を開発したので、以下に紹介する。

2. DASP の概要

DASP は Dual Advance Shot Peening の略であり、圧縮残留応力と表層硬さの双方を大幅に高めることにより、曲げ疲労強度を著しく向上させる鋼-熱処理-SP 処理のプロセス技術である。具体的には、被処理材表層硬さを 750 HV 以上確保した状態で、被処理材表層硬さより 50 ~ 250 HV 硬い SP 粒を投射することにより、1800 MPa 以上の最大圧縮残留応力と 1000 HV 以上の表層硬さを実現し、曲げ疲労強度を従来対比 35 ~ 80 % 向上

させることを可能とする。

3. DASP プロセスと強度特性

(1) DASP に適した鋼-熱処理

表 1 に歯車製造における従来および DASP プロセスの一例を示す。現状、歯車製造で最もよく用いられているガス浸炭処理は、表層に浸炭異常層を生成し表層硬さの低下を招き、研磨など表層を除去する工程を追加しない限り表層硬さ 750 HV 以上を確保することは困難である。最近、国内においても導入が盛んになってきている真空浸炭は浸炭異常層の生成はないが、JIS 鋼に真空浸炭処理を適用した場合、歯端などエッジを有する部位において過剰浸炭の発生により硬さが低下し、被処理材全体を均一に高硬さにすることができない²⁾。しかし、当社が開発した真空浸炭用鋼（DEG 鋼）に真空浸炭処理を適用すると、エッジ部での過剰浸炭を防止でき、被処理材表層全体を均一に 750 HV 以上の高硬さにすることが可能となる（図 1）³⁾。つまり、DEG 鋼-真空浸炭処理が DASP に適した鋼-熱処理の組合せであるということが出来る。

(2) DASP に適した SP

一般に SP 粒が硬いほど、表層硬さは高く、付与される圧縮残留応力も大きくなり疲労強度は向上する。しかし、SP 粒と被処理材の硬さの差（相対硬さ）が 50 HV 以上ないと、SP 粒は被処理材との衝突時に塑性変形や割れなどを起こしてしまい、十分に投射エネルギーを被処理材に伝えることができず、表層硬さ・圧縮残留

表 1 従来および DASP プロセスの一例

		鋼種	浸炭条件 (表層% C-焼戻し温度)	SP 前 表層硬さ [HV]	SP 条件 (SP 粒硬さ-粒径)		相対硬さ [HV]
従来 プロセス	①	SCr420H	ガス浸炭 (0.75 %C-180 °C)	708	SP なし	—	—
	②				従来 SP	CCW(700 HV-φ0.6)	8
	③				従来 SP	CCW(700 HV-φ0.6)	-75
DASP プロセス	①	DEG 鋼	真空浸炭 (0.75 %C-140 °C)	775	高硬度 SP	アモビーズ(920 HV-φ0.2)	145
	②				高硬度 SP	アモビーズ(920 HV-φ0.2) +アモビーズ(920 HV-φ0.05)	145

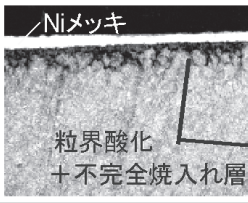
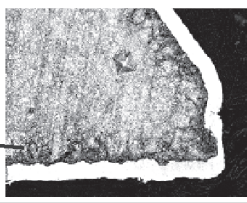
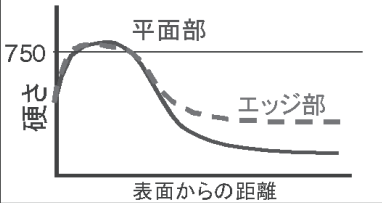
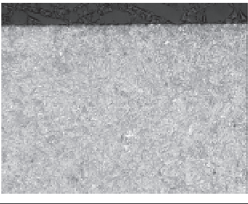
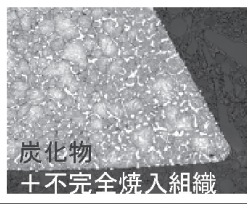
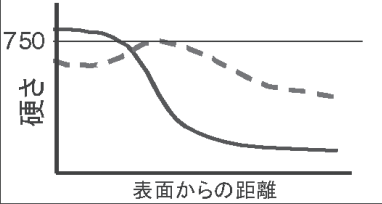

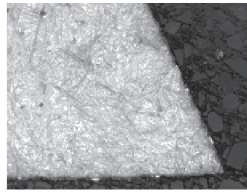

鋼種	浸炭工法	平面部	エッジ部	硬さ分布
SCr420	ガス浸炭	 Niメッキ 粒界酸化 + 不完全焼入れ層		 750 7 硬 平面部 エッジ部 表面からの距離
	真空浸炭	 炭化物 + 不完全焼入れ組織		 750 7 硬 表面からの距離
DEG鋼				 750 7 硬 表面からの距離

図1 SCr420とDEG鋼の浸炭品質比較

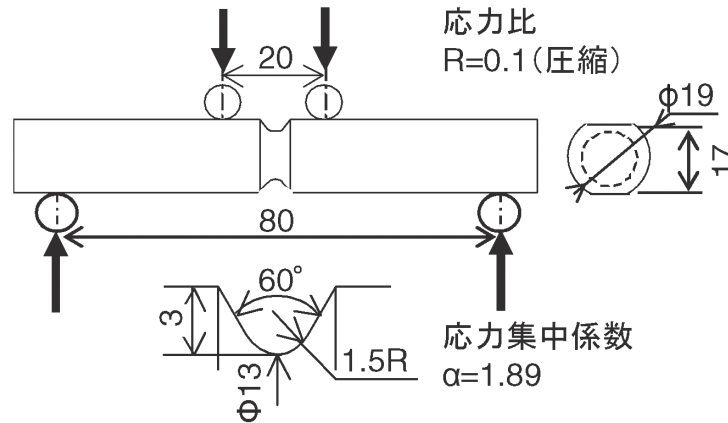


図2 4点曲げ疲労試験方法模式図

応力とも低位に留まってしまう⁴⁾。また逆に、相対硬さが250 HV以上だと、被処理材表層を削り取ってしまういわゆる削食現象が発生し、被処理材の表面性状が著しく悪化するばかりか形状の大きな変化を招いてしまう。つまり、被処理材硬さを750～800 HV程度とすると、SP粒硬さは800～1050 HV程度が適正ということになり、現状では、900～950 HVの硬さを有し、被処理材にダメージを与え難く、かつ長寿命である新東工業(株)製の高性能SP粒アモビーズ⁵⁾がDASPに適したSP粒の一つとなる。

(3) DASPの強度特性

図2に示す歯車歯元形状を模擬した4点曲げ疲労試験片に、従来プロセスおよびDASPを施した場合のノッチ底の硬さおよび残留応力分布の測定結果を図3に示す。DEG鋼-真空浸炭-高硬度SP(アモビーズ)を適用したDASP条件のみが、表層硬さ1000 HV以上、最大圧縮残留応力1800 MPa以上を実現していることが分かる。また、図4に示すように曲げ疲労強度は、SCr420Hのガス浸炭品対比最大約80%、SCr420Hガス浸炭-従来SP処理品対比最大約35%向上する。

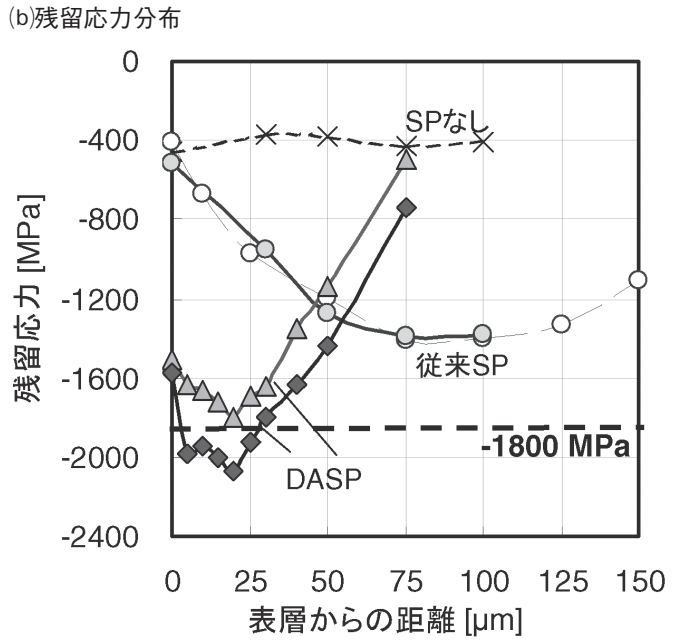
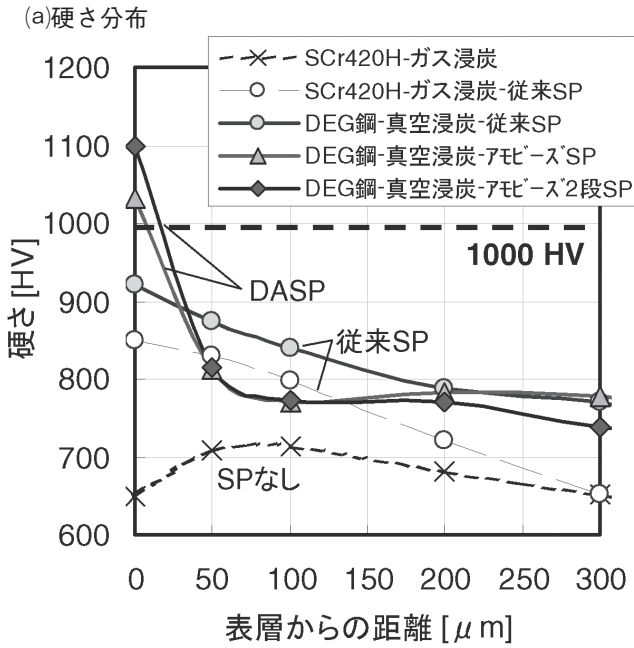


図3 硬さ分布および残留応力分布

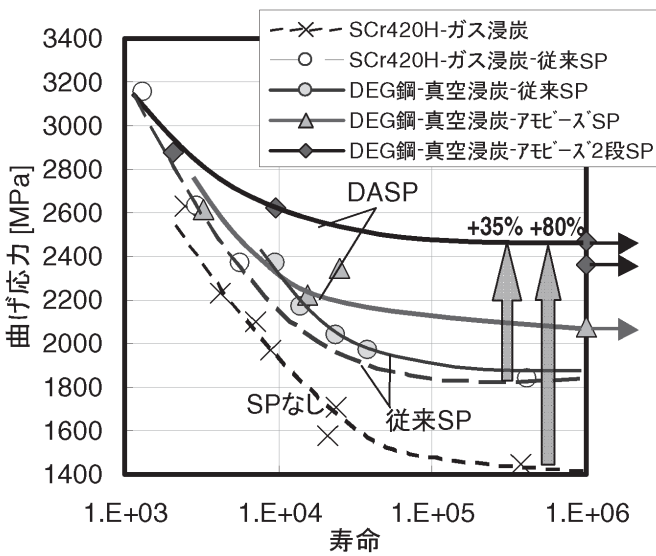


図4 4点曲げ疲労試験 S-N 線図

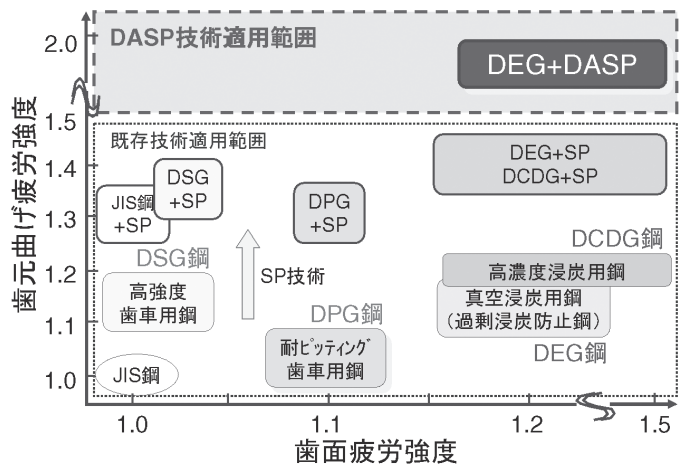


図5 大同特殊鋼㈱の肌焼鋼・技術の強度マップ

4. 終わりに

高疲労強度化プロセス技術 DASP に関して紹介した。本技術は特に曲げ疲労強度の改善に優れているため、歯車以外にも、シャフトの曲げ・ねじり疲労強度向上も可能である。また、図5のように DEG 鋼に DASP 技術を組み合わせることで、歯面疲労強度にも優れた特性を得ることができる。そのため、DASP は幅広い部品の小型軽量化

に寄与可能な技術として、今後の用途拡大が期待される。

(文 献)

- 1) 電気製鋼, 59(1988), 65.
- 2) 森田敏之, 梅本実: 鉄と鋼, 96(2010), 400.
- 3) 電気製鋼, 79(2008), 83.
- 4) 石倉亮平, 狩野隆, 小林祐次, 宇治橋諭: 電気製鋼, 79(2008), 25.

- 5) 梶田浩二, 奥村潔, 黒崎順功, 木村久道, 井上明久:
新東技報, 24(2006), 27.

(問合せ先)

大同特殊鋼(株) 研究開発本部 開発マーケティング室

Tel.052-611-9646, Fax.052-611-2522

大同特殊鋼(株) 特殊鋼事業部 商品開発部

Tel. 03-5495-1273, Fax. 03-5495-6740