

新商品紹介

耐摩耗性に優れたサイレントチェーン用鋼N50CRN

久保寛典*

High wear resistance steel "N50CRN" for silent chain

Hironori Kubo

1. 緒言

タイミングチェーンなどの自動車エンジンに用いられているチェーンにはサイレントタイプとローラータイプがある。図1にエンジンに組み込まれたタイミングチェーンの例を、図2にサイレントタイプとローラータイプの

例を示す。サイレントタイプ(以下サイレントチェーン)は、ローラータイプに比べてローラーやブッシュが無い分ピッチを小さくできるため、低騒音・低振動化が可能といった特長がある。しかし、図3に示すように、リン

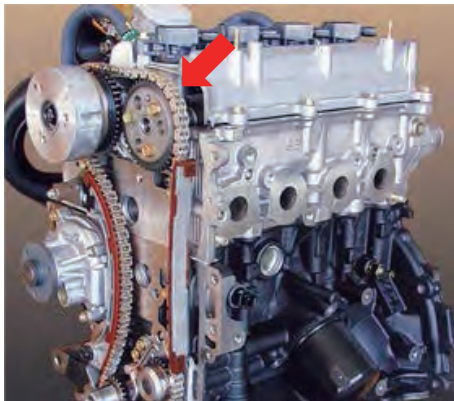


図1 自動車エンジン用チェーン(タイミングチェーン)
Fig. 1 A timing chain for Automotive Engine.

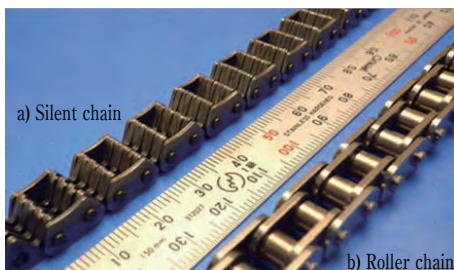


図2 サイレントチェーンおよびローラーチェーンの一例
Fig. 2 Examples of a) silent chain and b) roller chain.

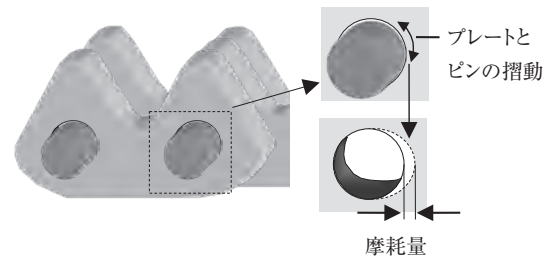


図3 サイレントチェーンのリンクプレートに生じる摩耗の模式図
Fig. 3 Schematic illustration of the wear occurring on chain link plate.

クプレート(以下プレート)を数枚重ねてピンで連結させた構造を有しているため、プレートの穴部とピンとが直接摺動する。これにより、主にプレートの穴部に摩耗が生じる。プレートの穴部の摩耗は、チェーン全長の増加を意味し、バルブタイミングやチェーン挙動に影響を与える。部材の摩耗によりチェーン全長が増加する現象は一般に摩耗伸びと称されており、サイレントチェーンではローラーチェーンに比べて摩耗伸びが大きいことが課題とされる。

近年多く採用されている直噴エンジンなどの燃費向上技術は、燃料の不完全燃焼物であるススの生成量を増加させるとされる¹⁾。発生したススはエンジンオイル中へ取り込まれるが、エンジンオイル中のススの量が多いと、エンジンオイルにて潤滑される摺動部の摩耗が促進

*グループ開発本部 鋼材研究所 鋼材第二研究チーム 主任研究員

され²⁾ 早期に摩耗伸びが寿命に至る懸念がある。このような背景の下、サイレントチェーンのプレート向けに耐摩耗性に優れた鋼材N50CRNを開発したので紹介する。

2. サイレントチェーン用鋼の要求特性

サイレントチェーンのプレートには、素材の加工性や熱処理後の材料特性の観点より一般的にSAE1050等の炭素鋼が用いられている。これらの冷間圧延材がプレス加工にてプレート形状に打抜かれ、オーステンパあるいは焼入焼戻し処理にて500～600HVの硬さに調質される。したがってプレート用鋼には、耐摩耗性以外にも、現行材と同等の素材の加工性(打抜き面性状や金型寿命)や熱処理硬さが求められる。また、チェーンの駆動に伴い繰返し応力が付与されるため優れた疲労特性および延・韌性が要求される。

3. N50CRNの基礎特性

3.1 化学成分

表1にN50CRNおよびSAE1050の化学成分の代表例を示す。N50CRNは、SAE1050をベースに焼入れ性向上のためCrが、耐摩耗性向上を狙いとし硬質炭化物であるNbCを生成させるためNbがそれぞれ添加されている²⁾。

表1 化学成分の代表例 (mass%)

Table 1 Representative example of chemical composition (mass%)

	C	Si	Mn	Cr	Nb
N50CRN	0.52	0.20	0.75	0.50	0.28
SAE1050	0.50	0.20	0.75	0.15	—

3.2 素材の金属組織と焼入焼戻し硬さ

図4 a)にN50CRNの焼鈍組織の一例を示す。N50CRNはb)に示すSAE1050と同様、フェライトと球状セメントタイトを主とする組織であり、加えてNbC粒子が分散している。これらのNbC粒子は比較的粗大でかつ少量であるため強化にはほぼ寄与していない。したがって、素材の加工性や引張強度などの機械的性質はSAE1050と概ね同等である。

図5にN50CRNの焼入れ硬さ曲線を示す。ソルトバス炉にて780～880℃の範囲で20min保持した後、油へ浸漬し焼入れた。820℃以上の焼入れ温度にてSAE1050とほぼ同等の焼入れ硬さが得られている。図6にはN50CRNの焼戻し硬さ曲線を示す。なお、焼入れは850℃にて20min保持後、油冷した。いずれの温度においてもSAE1050と同等の焼戻し硬さが得られている。

4. オーステンパ処理材の材料特性

以降ではチェーン用途で一般的に行われているオース

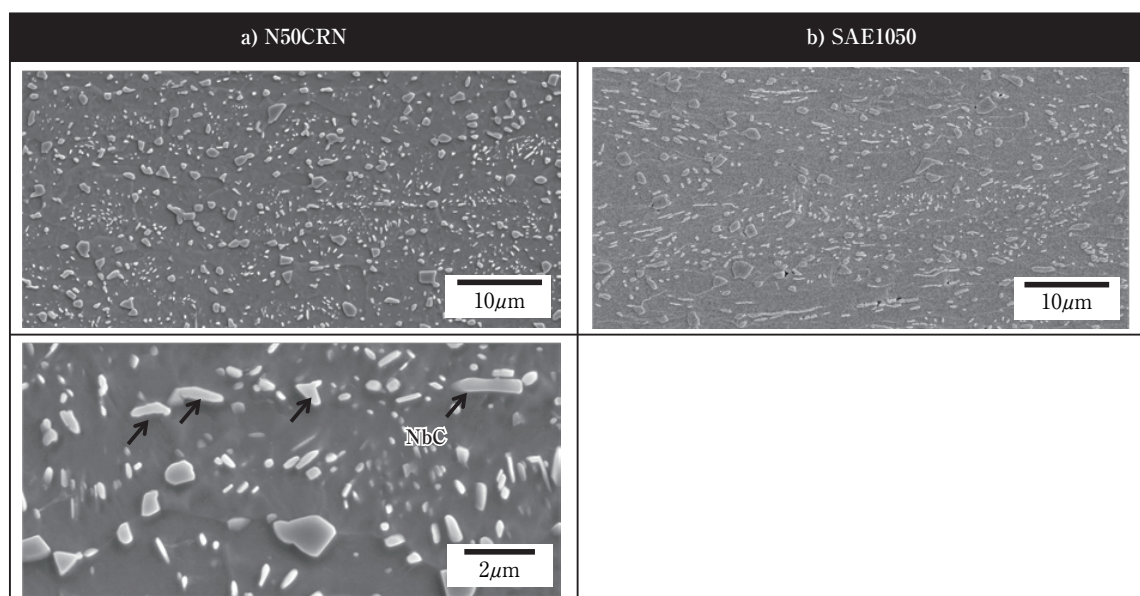


図4 a) N50CRNおよびb) SAE1050の焼鈍組織の一例

Fig. 4 SEM images of microstructure of N50CRN and SAE1050 after annealing.

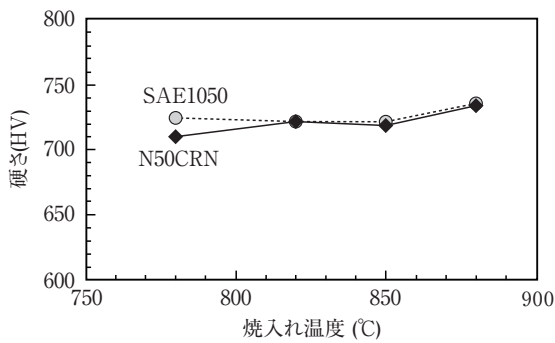


図5 焼入れ温度-硬さ曲線 (T°C-20min保持→油焼入れ)
Fig. 5 Relationship between quenching temperature and hardness.

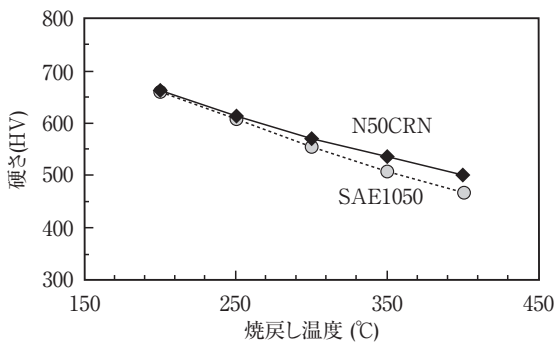


図6 焼戻し温度-硬さ曲線 (850°C-20min→油焼入れ→T°C-30min焼戻し)
Fig. 6 Relationship between tempering temperature and hardness.

テンパ処理を行ったN50CRNの材料特性について紹介する。

4.1 金属組織と硬さ

図7にN50CRNおよびSAE1050のオーステンパ処理後の金属組織を示す。オーステンパ処理はソルトバス炉

を用い、850°Cに加熱した後300°Cに急冷し1h保持した。NbC粒子が分散していることに加えて、SAE1050に比べて組織が微細であることが特徴である。なお、硬さは537HVでありSAE1050と同等レベルの値が得られている。以降で紹介する材料特性は、上記と同一の熱処理を行った試験片を用いて採取した値である。

4.2 引張特性および衝撃値

表2にオーステンパ処理後の引張試験結果および衝撃試験結果を示す。なお、引張試験片はJIS5号試験片、衝撃試験片は2mmUノッチシャルピー衝撃試験片を用いており、板厚はいずれも1.2mmである。N50CRNの0.2%耐力や引張強さおよび伸びはSAE1050とほぼ同等の値である。また、衝撃値においてもSAE1050と同等レベルの値が得られている。

表2 オーステンパ処理後の機械的性質

Table 2 Mechanical properties of N50CRN and SAE1050 after the austemper treatment

	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	衝撃値 (J/cm ²)
N50CRN	1642	1811	6.8	42
SAE1050	1655	1805	7.2	44

4.3 疲労特性

図8に疲労試験片形状、表3に試験条件を示す。JIS13B試験片の平行部の両端面に2mmのVノッチを有する試験片を用い、繰返し周波数および応力比をそれぞれ75Hzおよび0.1にて引張疲労試験を行った。図9に疲労試験結果を示す。N50CRNはSAE1050に比べて同等レベルの疲労特性を示す。

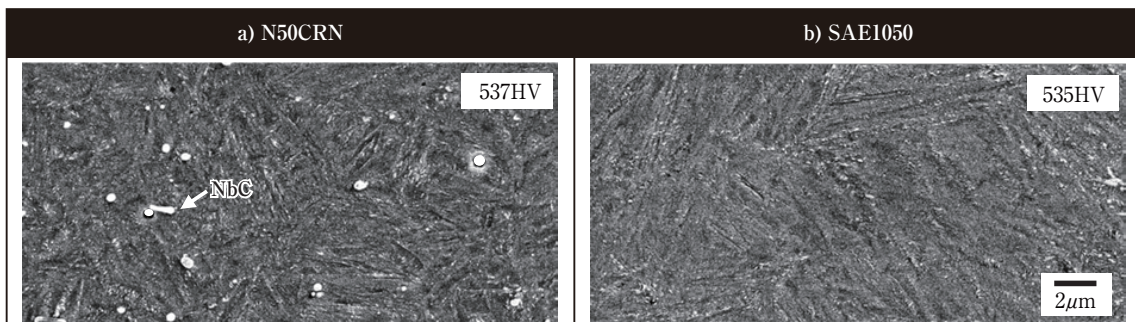


図7 オーステンパ処理後の a) N50CRNおよび b) SAE1050の金属組織(850°C-20min→300°C-60min)
Fig. 7 SEM images of microstructure of N50CRN and SAE1050 after the austemper treatment.

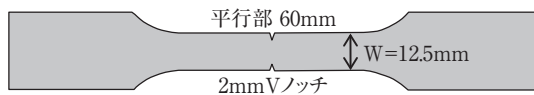


図8 疲労試験片形状

Fig. 8 The test piece for fatigue test.

表3 疲労試験条件

Table 3 Conditions for fatigue test

疲労試験方法	2mmVノッチ付引張疲労試験
板厚	1.1mm
周波数	75Hz
応力比	$\sigma_{\min}/\sigma_{\max}=0.1$

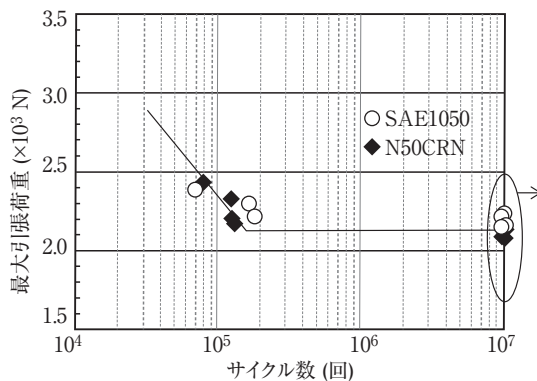


図9 N50CRNおよびSAE1050の疲労試験結果

Fig. 9 Results of fatigue test.

4.4 耐摩耗性

4.4.1 耐摩耗性向上のメカニズム

相手摩擦面の表面粗さや摩擦面に介在する異物により、表面が削り取られて摩耗する現象をアブレッシブ摩耗という。ススが混入したエンジンオイルにて潤滑された際に生じるサイレントチェーンのプレート穴部の摩耗は、ススの介在で生じるアブレッシブ摩耗が支配的との報告がある³⁾。図10に示すように、N50CRNはススに比べて硬質と推定されるNbC粒子を母相中に分散させることで、ススによる母相の切削を抑制し耐アブレッシブ摩耗性を向上させるとともに母相と相手材との金属コンタクトを抑制させて耐凝着摩耗性を向上させた鋼である。以下、ラボでのアブレッシブ摩耗試験結果と国内チェーンメーカーにて行われたチェーン体での耐久試験結果を紹介する。

4.4.2 ピンオンディスク式摩耗試験結果

図11にピンオンディスク式摩耗試験の模式図を示す。

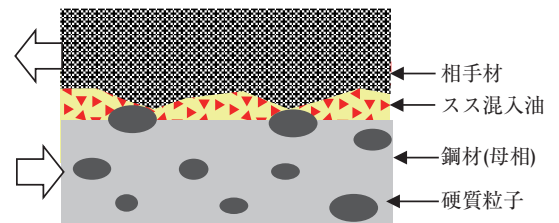


図10 耐摩耗性向上のメカニズムの模式図

Fig.10 Schematic illustration of mechanism of wear resistance improvement.

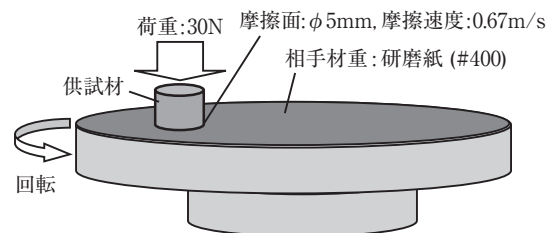


図11 ピンオンディスク式摩耗試験の模式図

Fig.11 Schematic illustration of wear resistance test.

#400の研磨紙を貼り付けたディスクを回転させ、そこに一定の荷重で試料を押付けて摩耗量を測定することで耐摩耗性を評価した。図12に結果を示す。N50CRNはSAE1050に比べて30%程度摩耗量が少なく、優れた耐摩耗性を示す。

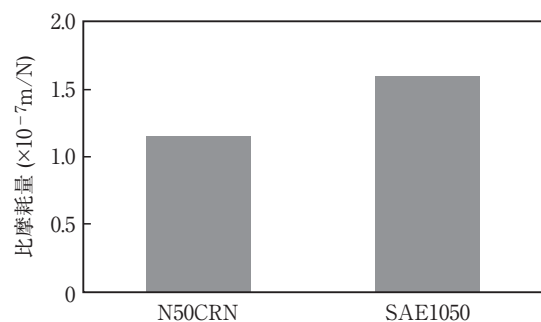


図12 N50CRNおよびSAE1050の摩耗試験結果

Fig.12 Results of wear resistance test.

4.4.3 摩耗伸び評価試験結果

プレートをそれぞれN50CRNおよびSAE1050としたチェーンを用いて摩耗伸びを評価した。図13に試験方法の概略図を示す。張力を980N付与し、エンジン相当回転数6500rpmにて100h駆動した。また、潤滑にはススを混

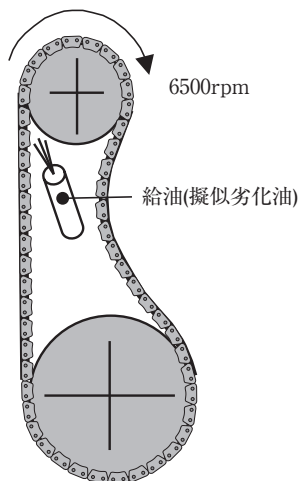


図13 チェーンの摩耗伸び評価試験の概略図
Fig.13 Schematic illustration of the wear elongation test for silent chain.

入させた擬似劣化油を用いた。図14に試験進行に伴う摩耗伸びの変化を示す。なお、縦軸の値は、100h駆動時におけるSAE1050の摩耗伸びの値を1としたときの相対値である。N50CRNはSAE1050に比べて30%程度摩耗伸びが小さいとの結果が得られている。これは、N50CRNのプレート穴部の摩耗量が少ないためであり、プレートの耐摩耗性向上による効果である。

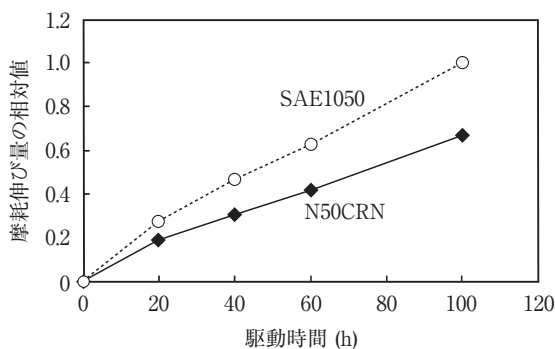


図14 N50CRNおよびSAE1050のチェーン摩耗伸び評価試験結果
Fig.14 Results of wear elongation test.

5. 結 言

自動車エンジン用のサイレントチェーンのプレート向けに開発したN50CRNの諸特性について紹介した。本鋼種は上記で示したとおり国内チェーンメーカーでの評価において摩耗伸びの低減効果が認められ、同社のサイレントチェーンに採用されている。

種々ある摩耗形態の中でも、とくに微粒子の介在によって生じるアブレッシブ摩耗に対してN50CRNを適用することで耐摩耗性の向上効果が期待される。また、本鋼種の素材の加工や熱処理などはSAE1050などの炭素鋼とほぼ同様の条件で行うことができる。したがって適用範囲は広く、サイレントチェーン以外にも、過酷な摩擦・摩耗環境に晒される自動車エンジンの部品などの摺動が生じる部材等への展開も可能と期待される。

参考文献

- 1) Nikkei Automotive, 日経BP社, 東京, (2015) 3, P.92.
- 2) 広田龍二, 末次輝彦, 森川広, 伊藤建次郎: 日新製鋼技報, 86 (2005), 1.
- 3) 関 雅夫, 田中幹樹: Honda R&D Technical Review, 24-1 (2012), 46.