

## 技術論文

# 新日鉄住金(株)におけるシームレスメカニカル鋼管の開発と主要製品

## Development of Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation's Seamless Mechanical Tubing

高野 孝司\*      永瀬 豊      永尾 勝則  
 Takashi TAKANO      Yutaka NAGASE      Katsunori NAGAO  
 山本 忠之      石橋 精二  
 Tadayuki YAMAMOTO      Seiji ISHIBASHI

## 抄 録

新日鉄住金(株)のシームレスメカニカル鋼管の開発の歴史は、自動車、建設機械、産業機械の発展に負うところが大きい。1985年以降、高強度、高靱性、軽量化といった顧客の要求は、時代とともに強まっていったが、新日鉄住金もその要求レベルに応える製品開発を行い、市場に製品を提供してきた。軸受用鋼管、エアバッグ用鋼管、ディーゼルエンジン用の燃料噴射管などがその代表例であり、その結果として、業界での確固たる地位を築き上げてきた。本稿では、新日鉄住金におけるシームレスメカニカル鋼管の開発と主要製品について記述した。

## Abstract

Development of NSSMC's seamless mechanical tubing has been largely encouraged by the growth of the automobile, the construction machine and the industrial equipment industries. Since 1985, the customer's requirements such as high strength, high toughness and the light-weighting have improved with the times NSSMC has been developing new products in response to the customer's demand, and providing the products to the market. The tubing for bearings, airbag inflators and the fuel injection tubes for diesel engines are the typical achievements, and this enables NSSMC to establish the steadfast status in the industries. This paper describes the development and the main products of the NSSMC's seamless mechanical tubing.

## 1. 緒 言

新日鉄住金(株)におけるシームレスメカニカル鋼管製造の起源は、旧新日本製鐵(株)では東京製造所にて遠心铸造鋼管の製造を開始した1935年、旧住友金属工業(株)では航空機用鋼管および潜望鏡用鋼管の試作を始めた1917年に遡る。いずれも戦前は熱間仕上げで軍需産業を含む特殊用途向けに小ロットで製造していたが、量産製品としての位置付けを確立したのは戦後になってからである。戦後間もなく、我が国の工業、とりわけ自動車産業が発達すると共に、鋼管の高級化、量的拡大が求められた結果、自動車分野が製品開発、需要拡大の大きな柱となっていった。

自動車産業からのニーズは、時代を追う毎に高強度高靱性、薄肉、厚肉、更には高清潔度、高加工性、高溶接性等を有する高級品、ハイエンド品に移り変わっていった。新

日鉄住金ではこれらの性能を満足させるために、新設備の導入、新製品の開発を積極的に行ってきた。1989年には世界初の連続球状化熱処理炉による軸受用鋼管を、1993年には高強度、高靱性が求められるエアバッグ用鋼管を量産開始し、顧客の様々な要求の変化に応えながら、業界での確固たる地位を築き上げてきた。

シームレスメカニカル鋼管の需要拡大、製品開発はまさに自動車、建設機械、産業機械の発展に負うところが大きく、その需要が拡大した1985年以降を中心に、その時代背景と主な開発製品を以下に紹介する。

## 2. 自動車用メカニカル鋼管の開発製品紹介

## 2.1 高級メカニカル鋼管の開発(1985年～1992年)

1985年のプラザ合意以降、日本経済は急激な円高に突入していったが、バブル経済の影響で自動車業界では高級

\* 和歌山製鉄所 カスタマー技術部 特殊管技術室長 和歌山県和歌山市湊1850番地 〒640-8555

車の需要が増え、それに伴いエンジン出力アップ等の高機能化が著しく進展した。鋼管には高強度化、高靱性化、そして軽量化といったニーズが高まった。またこれらのニーズに応えるため、積極的な設備増強を行ってきた。

(1) インพุットシャフト、ステアリングラックチューブ

軽量化を目的に、従来は丸棒で製造されていた部品を中空化することにより実用化した製品例としてインพุットシャフト、ステアリングラックチューブがある。これらの開発目的には軽量化以外に、顧客での加工工程を省略するという狙いもあった。またいずれも小径厚肉品（外径に対する肉厚の比が約3割）であり、熱間素管の肉厚精度が量産化への大きなポイントであったが、プロセスコンピュータによる圧延制御技術および有限要素法を用いた圧延解析に基づく圧延条件の最適化等<sup>14)</sup>を行い、素管の寸法精度が著しく向上し実用化することが出来た（図1、2）。

(2) ボールケージ

等速ジョイントのボールケージ用鋼管にも環境への意識の高まりから小型・軽量化、高効率化が求められた。そこで顧客ニーズを実現するために、1992年より顧客との共同開発にて鋼管の薄肉高強度化の取組みを開始した。この鋼管には用途上、ねじり特性や焼入れ性、更には加工性が求められるが、適切な成分設計により、顧客ニーズを達成することが出来た。そして1998年より本鋼管の量産を開始し、

2005年には既存鋼との置換えが飛躍的に進み、小型・軽量化、高効率化に大きく貢献した（図3）。

(3) 軸受用鋼管

軸受鋼には高硬度、疲労強度、寸法精度、耐摩耗性、被削性等のニーズがあるため、国内では一般的に高炭素クロム軸受鋼（JIS SUJ2）が使用されている。疲労寿命は製鋼技術の進歩に伴い著しく向上しており、1980年代は清浄鋼に対する要望が一層強くなっていた。そこで新日鐵住金は製鋼から製管、熱処理に至るまで独自技術を開発し、軸受用鋼管の製造体制を確立した。その主な特徴としては二つあり、その一つは、高炉-転炉-真空脱ガス-連続鋳造の一連のプロセスの中で、不純物、非金属介在物の極めて少ない高清浄度鋼の溶製を可能にしたことである<sup>5-7)</sup>。そしてもう一つは、脱浸炭制御可能な連続式光輝焼鈍炉の開発と1989年の導入、更には軸受鋼の球状化熱処理には従来から徐冷法が用いられていたが、繰り返し熱処理法により炭化物の均一分散化を実現したことである<sup>8-10)</sup>。その結果、疲労寿命と被削性の優れた高級軸受用鋼管の量産が可能になった。軸受用鋼管は現在でもシームレスメカニカル鋼管の主力製品となっている（図4）。

2.2 ハイエンドメカニカル鋼管の開発（1993年～2013年）

バブル崩壊後、国内の自動車販売台数は急速に落ち込ん



図1 インพุットシャフト  
Input shaft



図2 ステアリングラックチューブ  
Steering rack tube

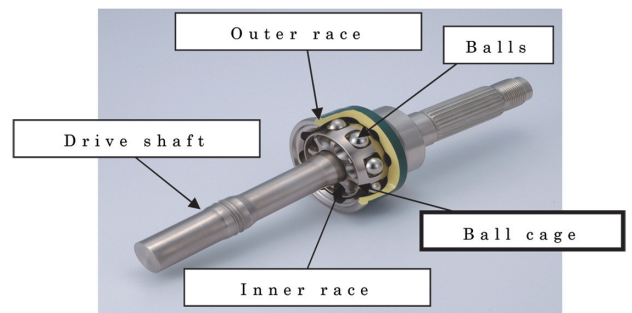


図3 等速ジョイントのボールケージ  
Constant velocity universal joint



図4 ウォーターポンプ用ベアリング  
Water pump bearings

だ。一方で地球温暖化やCO<sub>2</sub>排出量等の環境問題が深刻化し、環境、低燃費、安全に対する要求が益々強くなった。その結果、ニーズは多様化し、これまでの高強度高靱性化に加え、小型化、薄肉軽量化、更には高 cleanliness、高寸法精度等のハイエンドメカニカルチューブの開発ニーズが更に強くなってきた。

### (1) エアバッグ用鋼管

1990年代以降、欧米主体に自動車の安全基準に関する法規制が整い始め、それと共にエアバッグの装着率が加速度的に増加した。エアバッグの方式としては、蓄圧したガスを放出しバッグを膨らませるハイブリッド型と、火薬の燃焼ガスによりバッグを膨らませるパイロ型、の大きく二つに分類される。サイド用やカーテン用は人体に近い部分に設置されており、衝突してからエアバッグが膨らむまでの応答性が要求されるため高圧ガスが封入されることから、主にシームレス管のハイブリッド型が使用されている。新日鐵住金では重要保安部品であるエアバッグ用鋼管の開発を他社に先駆けて着手し、冷間抽伸技術、熱処理技術を駆使して、1993年に世界初のシームレス鋼管による製品化を実現した。

鋼管に求められる性能としては、強度、靱性、加工性、溶接性、寸法精度等があり、商品化当初は800MPa級鋼(引張強さ)が主体であった。しかし軽量化、充填圧力の高圧化ニーズに伴って、高強度材の要求が高まり、1999年には950MPa級、2007年には1050MPa級、そして2012年には1100MPa級鋼と次々と顧客の要求を満足する製品開発を行ってきた(図5, 6)。

### (2) ディーゼルエンジンの燃料噴射管用鋼管

地球温暖化等の環境問題、原油の高騰等によるエネルギー問題から、ハイブリッド、電気、燃料電池自動車の開発が活発になる一方、従来の化石燃料を使用するガソリン、ディーゼルエンジンの自動車には、低燃費、軽量化、排ガスのクリーン化が求められるようになってきた。特にディーゼルエンジンはCO<sub>2</sub>の排出量が少ない反面、黒煙が発生



図5 サイドエアバッグ用インフレーター  
Side airbag inflator



図6 カーテンエアバッグ用インフレーター  
Curtain airbag inflator

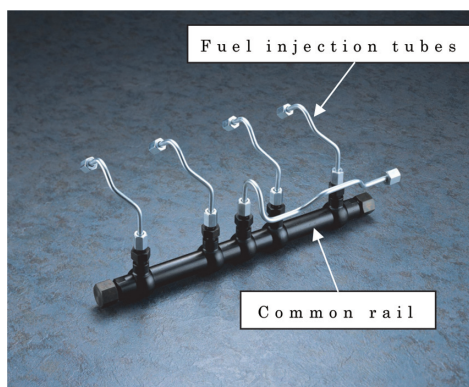


図7 コモンレール式燃料噴射管  
Fuel injection tube for common rail type

する問題があり、大気汚染や人体への影響から、各国の環境規制強化により排ガスのクリーン化が急務となってきた。

その対応として、ディーゼルエンジンの燃焼室への燃料噴射圧を高圧化することによる黒煙の排出量の低減が図られた。鋼管に求められる性能は、高強度、且つ高疲労強度であり、顧客との共同開発にて取組みを開始した。そして非金属介在物制御技術、小径材の高寸法精度圧延技術、更には適切な成分設計により、目標性能を満足し、2010年に世界に先駆けて噴射圧力200MPa用の燃料噴射管を顧客と共同で開発、実現化した。現在も環境規制の強化に合致した高圧化に耐え得る材料開発を継続している(図7)。

## 3. 建設機械用、産業機械用メカニカルチューブの開発(1985年～現在)

### (1) 建設機械用鋼管

自動車分野と同様に、建設機械分野においても燃費向上のため高強度化、軽量化が求められ、WELTEN鋼、SUMISTRONG鋼を開発し、1970年代には800MPa級鋼(引張強さ)までの商品群を揃えていた。

近年、建設用クレーンの大型化に伴いクレーンブーム用鋼管の更なる高強度・軽量化ニーズ(クレーン本体に搭載するカウンターウェイトの軽量化対策)が高まる中、



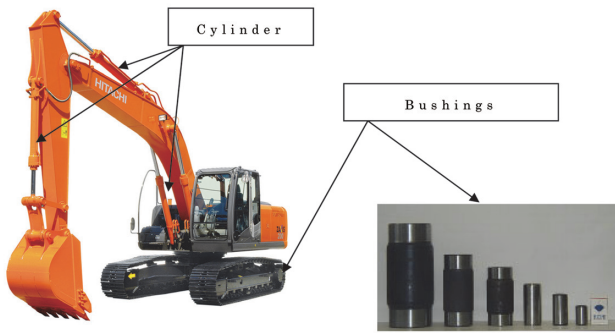


図8 油圧ショベル  
Hydraulic shovel



図9 ブッシュ  
Bushings

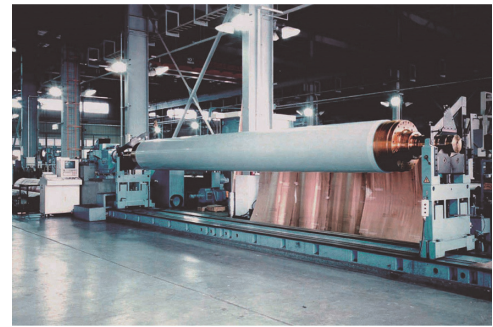


図11 印刷用ロール  
Roll for printing

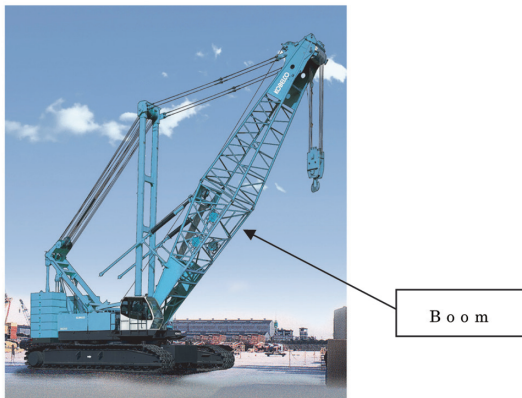


図10 クローラークレーン  
Crawler crane

WELTEN 鋼においては、2005年に低炭素・クロムフリーで、高強度と耐溶接割れを両立する WELTEN-ST 鋼の開発に取り組んだ。従来必須であった焼入れ・焼戻し熱処理を省略する新たな成分設計と製造工程（熱加工制御）を開発し、工程省略による短納期化で Just-in-time 納入を実現すると共に、溶接割れを防ぐ予熱処理を不要にすることで、顧客での溶接施工の省力化、自動化に寄与し高い評価を得ている。また直近では WELTEN 鋼、SUMISTRONG 鋼ともに 1000MPa 級の高強度鋼管をラインナップに加え、受注拡大を図っている。

他に油圧ショベル等に使用されるシリンダー用鋼管、履帯用のブッシュ材等も同様に高強度化が進み、顧客ニーズに応じた製品を提供している（図8、9、10）。

## (2) 産業機械用、建築用鋼管

産業機械用として代表的なシームレスメカニカル鋼管の使用例が印刷用ロールである。新聞やチラシ、各種パンフレット等の大量印刷を行う際に使用される輪転印刷機用のロールで、1980年代後半より製品化してきた。近年では食品のパッケージの印刷用としてグラビア用印刷機に使用されている。印刷用ロールは、外削した際の微小な表面きず

が許容されないため、高 cleanliness 鋼を開発し実用化に至った（図11）。

## 4. 結 言

新日鐵住金では、時代の変化に応じた顧客要求を的確に把握し、タイムリーかつ競争力のあるシームレスメカニカル鋼管の製品開発を行ってきた。

これからも顧客ニーズは多様化することが予想されるが、シームレスメカニカル鋼管に求められる基本性能、即ち高強度・高靱性化、小型・薄肉化の方向性は当面、継続するものと考えられる。

この基本性能の向上に加えて、更に顧客側に価値を創出し競合他社との差別化を加速させるため、非金属介在物、表面きずの減少、更には加工性、溶接性等の新たな付加価値を高めた商品を開発し、かつ常に新たな製造技術を磨き続けることが重要と考える。

## 参考文献

- 1) 山田建夫：塑性と加工. 34 (384), 55 (1993)
- 2) 山田建夫, 山田将之, 松倉節夫：塑性と加工. 34 (392), 1022 (1993)
- 3) 山田将之, 山田建夫, 小坂田宏造, 岡田達夫：塑性と加工. 34 (394), 1270 (1993)
- 4) 山田建夫, 山田将之, 松倉節夫：塑性と加工. 34 (395), 1326 (1993)
- 5) 森本純正, 岸田達, 川見明, 橋本晃一, 藤岡靖英, 田中充：鉄と鋼. 72, S533 (1986)
- 6) 森本純正, 酒井一夫, 中山輝之, 藤岡靖英：鉄と鋼. 72, S1366 (1986)
- 7) 森本純正, 藤岡靖英, 山口洋治, 山田統明：CAMP-ISIJ. 3, 1863 (1990)
- 8) 岡田康孝, 藤岡靖英：CAMP-ISIJ. 5, 1955 (1992)
- 9) 岡田康孝, 森川隆, 藤岡靖英, 谷本征司：CAMP-ISIJ. 5, 1956 (1992)
- 10) 岡田康孝：住友金属. 45 (1), 1 (1993)



高野孝司 Takashi TAKANO  
和歌山製鉄所 カスタマー技術部  
特殊管技術室長  
和歌山県和歌山市湊1850番地 〒640-8555



山本忠之 Tadayuki YAMAMOTO  
和歌山製鉄所 カスタマー技術部  
特殊管技術室 主幹



永瀬 豊 Yutaka NAGASE  
和歌山製鉄所 カスタマー技術部長 Ph.D.



石橋精二 Seiji ISHIBASHI  
東京製造所 商品技術室長



永尾勝則 Katsunori NAGAO  
和歌山製鉄所 カスタマー技術部  
特殊管技術室 主幹