



入門講座

身近な鉄-1

鉄道車両用台車及び輪軸

菅原 繁夫
Shigeo Sugawara

住友金属工業(株) 関西製造所
専門部長

Bogie and Wheelsets of Railway Rolling Stock

1 はじめに

鉄道の歴史は古く、1765年ワットが蒸気機関を発明してから、イギリスで始めて、炭鉱や工場で貨物輸送用として蒸気機関車が使用されるようになった。1825年に、イギリスにおいて鉄道が開通し、世界で始めて旅客輸送が開始された。日本においては、1872年(明治5年)新橋・横浜間が開通し、当初はイギリスから輸入された機関車が使用された。以後、鉄道が世界的に各国の国状に従って発達し、日本の新幹線の開通に端を発した高速車両が世界的な規模で開発されるようになり、現在に至っている。

鉄道車両は、一度に多くの乗客を安全に、速く輸送出来ることから、また最近の地球環境維持の観点からその有用性が見直されつつある。

鉄道車両の構成要素の中で、乗客を安全に、速く輸送する役割を担っているのが、車体とレールの間にある台車及び輪軸である。

いずれも長い間の使用実績と多くの経験に基づく技術の蓄積がある。これら、輪軸および台車部品の多くには、鉄鋼材料が使用されている。

2 台車の構造

台車構造の一例を図1に示す。

車体の質量は、空気ばねから台車枠に、更に軸ばねから軸受、車軸、車輪へと伝達されレール面と釣り合う。

車両が進行する時は、駆動力は、台車に装架されたモータから歯車装置を経由して車軸に伝わり、車輪の回転力となり、車輪とレール間の粘着力により前進する。車両が停止または減速する時は、駆動力とは逆方向の制動力が作用する。また、車体へのけん引力の伝達は、車体と台車の間に設置されるけん引装置による。

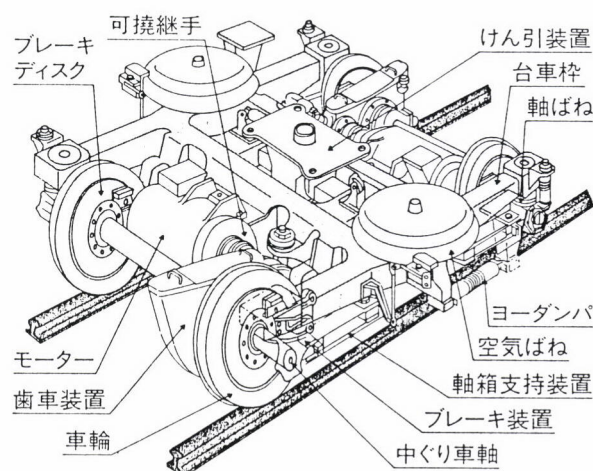


図1 台車の構造

このように、台車は、乗客他の質量を支持する機能と前進および減速・停止のための駆動、制動の機能を持っている。更に、レール面上を安全に走行するための輪軸の支持機構を備えているとともに、乗客にとって快適な乗心地が得られるように、ばね装置、振動減衰装置を備えている。

3 輪軸の種類と構造

輪軸とは、車軸に車輪を圧入した組立品のことで、車両を支持してレール上を確実に案内すると同時に、多くの車両では、車輪はブレーキドラムとして利用されている。輪軸は、台車に搭載されているモータより駆動装置を介して回転力を受け、車輪踏面とレール間の粘着力(摩擦力)を利用し車両を走行させる動輪軸(図2)と単にレール上を転動する従輪軸(図3)とがある。なお、動輪軸は車両の減速時にはモータやエンジンの回転抵抗によって輪軸に制動力を加え、車輪踏面とレール間の粘着力によって車両の減速を行う。また、輪軸は車軸または車輪に取付けられたブ

ブレーキディスクや車輪踏面に押しつけられた制輪子(ブレーキシュー)との摩擦力によって、輪軸の回転を減速または停止させて、車輪踏面とレール間の粘着力によって車両の減速または停止を行う。車軸は輪軸の骨格をなすものであり、軸受、ばねを介して輪軸上の質量を支持するほか、車輪を適性位置に固定する役目を果たす。また、動輪軸用車軸には駆動回転力を伝えるための駆動装置が取り付け従輪軸よりも大きな荷重が作用する。次に、車輪は車軸の負担荷重を半分づつ受け持ってレール上を転動すると共に、車両を確実にレールの進行方向に導く役目もするものであり、動輪軸の車輪は、駆動力を、車種によってはブレーキ力をも直接発生させる。また、踏面ブレーキ方式の車両では、ブレーキエネルギーの吸収部分にもなっている。輪軸を構成する車輪、車軸を製造法、形状別に大別すると図4のようになる²⁾。

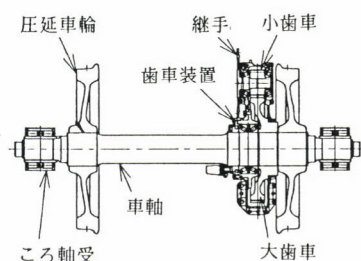


図2 動輪軸の例

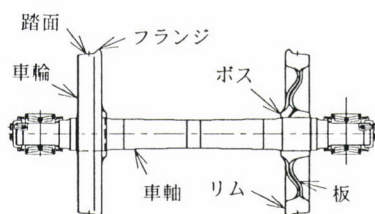


図3 従輪軸の例

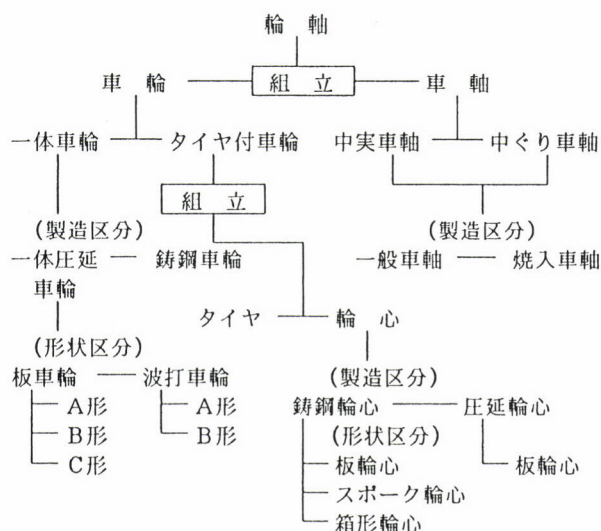


図4 輪軸の構成

4 一体圧延車輪

4.1 車輪の材質

JIS E5402 鉄道車両用炭素鋼一体圧延車輪に、化学成分、鋼種と記号、引張強さ及び伸び、硬さが規定されている。

4.1.1 化学成分

表1 化学成分(wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cu
0.60 ~0.75	0.15 ~0.35	0.50 ~0.90	0.045 以下	0.050 以下	0.30 以下

4.1.2 鋼種と記号

表2 鋼種と記号

	材質記号	略号	熱処理記号	摘要
1種	SSW-R1	1	AR	
	SSW-R2	2		
	SSW-R3	3		
2種	SSW-Q1S	1S	SQ	SSW-R1を熱処理したもの
	SSW-Q2S	2S		SSW-R2を熱処理したもの
	SSW-Q3S	3S		SSW-R3を熱処理したもの
	SSW-Q1R	1R	RQ	SSW-R1を熱処理したもの
	SSW-Q2R	2R		SSW-R2を熱処理したもの
	SSW-Q3R	3R		SSW-R3を熱処理したもの

4.1.3 引張強さ及び伸び

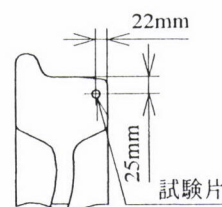
表3 引張強さ及び伸び

記号	引張強さ N/mm ²	伸び %
SSW-R1 SSW-R2	770 以上	8 以上
SSW-R3	790 ~ 980	引張強さ790N/mm ² の場合 12 以上
		引張強さ980N/mm ² の場合 8 以上

注) 引張試験は1溶鋼毎に行い、SSW-R1はサンプルインゴット、SSW-R2,SSW-R3は、圧延のままの本体から採取した試験片で行う。

サンプルインゴット: 1溶鋼毎に70mm角の試験鋼塊をΦ30mmに鍛伸する。

圧延のままの本体: 1溶鋼毎に圧延後熱処理前の車輪の下図位置から採る。



4.1.4 車輪の硬さ

表4 硬さ

略号	熱処理記号	踏面(HS)	リム面(HB)
1,2,3	AR	規定なし	規定なし
1S,2S,3S	SQ	37~45	246~307
1R,2R,3R	RQ	46~52	311~363

注) 硬さの測定は図5に示す位置で、全車輪について実施する。



図5 硬さ測定位置

4.1.5 AR,SQ,RQ車輪の適用区分

AR,SQ,RQ車輪の適用区分は概ね表5の通りである。

表5 車輪の適用区分

熱処理	踏面ブレーキ使用	踏面ブレーキなし	フランジ焼入れ	備考
AR	○	○	○	圧延のまま
SQ	○	○	○	熱処理
RQ	(×)	○	×	

注) ○：適用可、×：適用不可、(×)：一部適用

(1) AR車輪は、旧国鉄では主として客車、貨車に使用されていた。しかし、合成制輪子使用の客車車輪については、1985年耐割損性の見地からSQ車輪を使用していくことになった。貨車用車輪についても、1985年頃ボギー台車付きの貨車用車輪についても、積極的にAR車輪からSQ車輪に切り替えられていった。

(2) SQ車輪は、電車と気動車の踏面ブレーキ使用車輪に適用されていた。しかし、最近になって、新しく製造される電車には、車輪種類の管理の便を図る目的もあって、踏面ブレーキを使用しない車輪にも適用されるようになっていく。

SQ車輪を踏面ブレーキ使用車輪に適用する理由は、踏面下の金属組織が微細パーライトであり、RQ車輪に比較して、ブレーキ熱によるマルテンサイト化が遅く、熱ひび割れを起こし難い性質を持っているためである。

(3) RQ車輪は、踏面ブレーキを使用しない車輪及び特急電車の車輪に適用されている。RQ車輪が特急電車の踏面ブレーキ付車輪にも適用されているのは、電気ブレーキを併設しており踏面ブレーキの使用頻度が少ないためである。

(4) フランジ焼入れをしても良いのは、AR車輪及びSQ車輪で、RQ車輪はフランジ焼入れを行ってはならない。その理由は、加熱によって車輪に強度上悪影響を及ぼす事を避けるためである。

4.2 車輪の形状

一体圧延車輪の代表的な形状は5種類あり、それを図6に示す。

名称	形状	特徴
A形		リム部に対し、ボス部が内側（輪軸中心側）に位置するように板部が湾曲した車輪で、強度的に有利な構造であるため、最も多く使用されている。
B形		リム部に対し、ボス部が外方に位置するように板部が湾曲した車輪で、狭軌用の駆動装置を車輪間に装架する必要から生まれた。A形に対し、強度上板部を厚くする必要がある。
C形		車輪板部にブレーキディスクを装架する車輪で、板部は平板である。代表的な例として、新幹線用車輪がある。
A形波打		A形車輪板部に円周方向に波を打たせたものがA形波打車輪である。板厚を薄くできるため、軽量化が図れる。近年の軽量、高性能車両に多数使用されている。
B形波打		B形車輪板部に円周方向に波を打たせたものがB形波打車輪である。板厚を薄くできるため、軽量化が図れる。近年の狭軌用軽量、高性能車両に多数使用されている。

図6 一体圧延車輪の断面形状

4.3 車輪の製造方法

現在、車輪は国内では住友金属が製造しており、その製造方法を図7に示す²⁾。

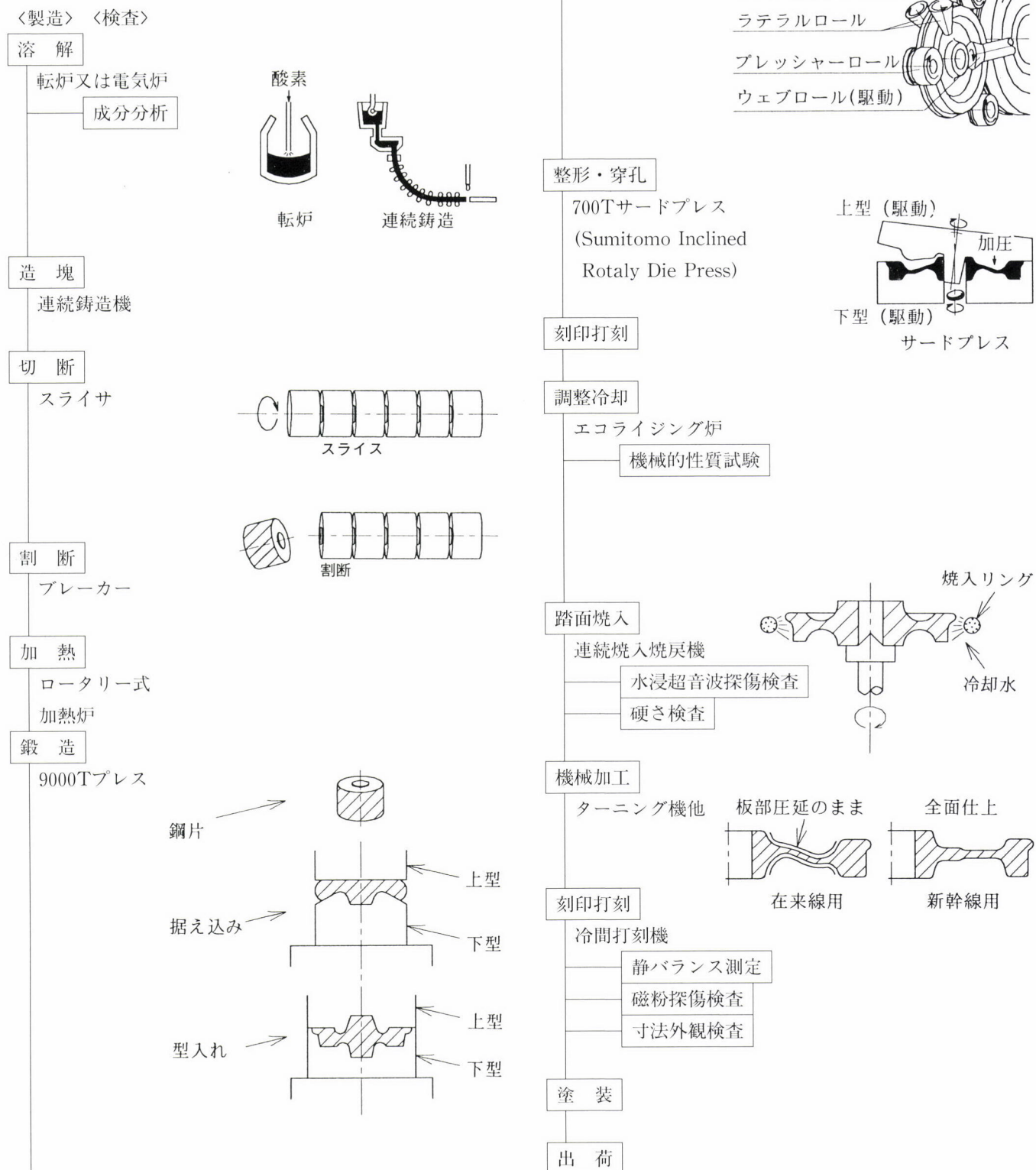


図7 車輪の製造方法

5 車軸

5.1 車軸の材質

JIS E4502 鉄道車両用車軸に規定されており、種類及び記号、化学成分、機械的性質を表6、表7及び表8に示す。

表6 種類及び記号

種類	記号	主な用途
1種	A SFA 55A	従軸
	B SFA 55B	
2種	A SFA 60A	動軸及び従軸
	B SFA 60B	
3種	A SFA 65A	
	B SFA 65B	
4種	A SFAQA	
	B SFAQB	

備考：種類Aは、Bに比べて化学成分のP及びSが少なく、超音波探傷試験及び表面傷探傷試験を行うものをいう。

表7 化学成分(wt%)

種類	P	S
A	0.035以下	0.040以下
B	0.045以下	0.045以下

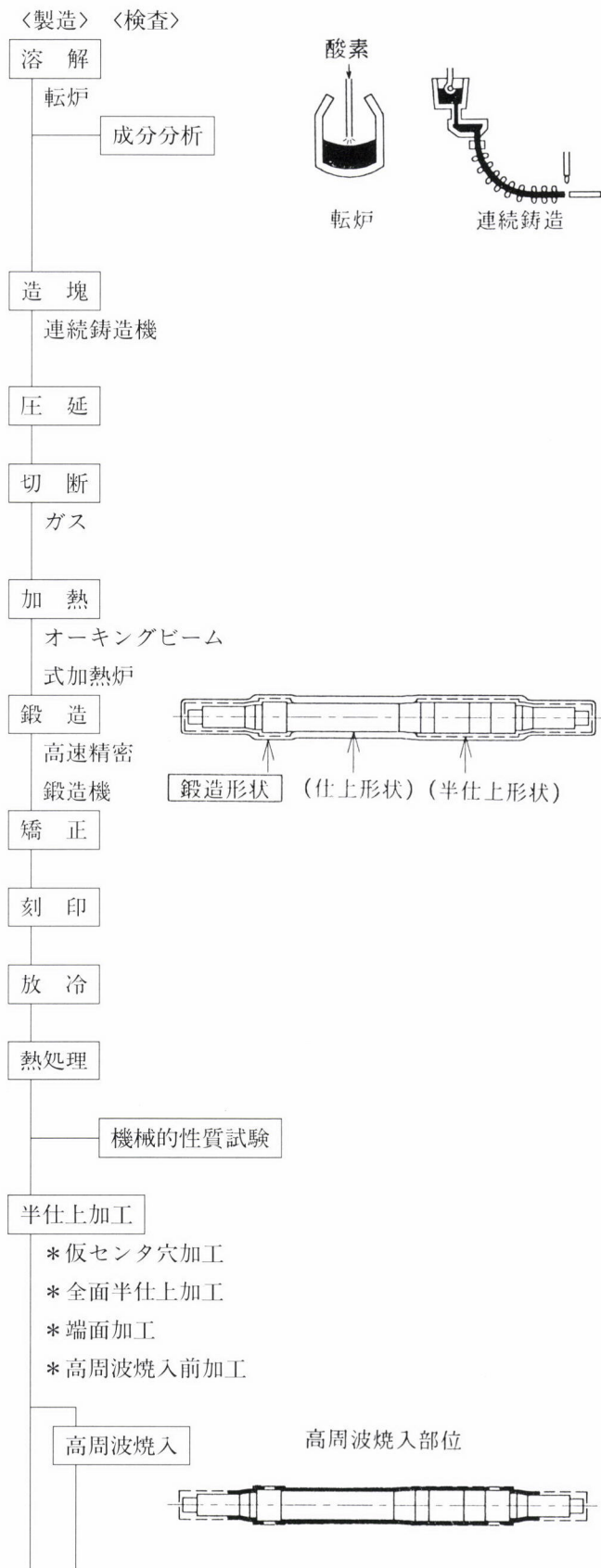
表8 機械的性質

種類	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
1種	275以上	540以上	23以上	35以上
2種	295以上	590以上	20以上	30以上
3種	345以上	640以上	23以上	45以上
4種	295以上	590以上	20以上	30以上

種類	曲げ		参考
	曲げ角度 度	内側半径 mm	
1種	180	16	39以上
2種		22	31以上
3種		16	39以上
4種		22	31以上

5.2 車軸の製造方法

製造方法の一例を図8に示す²⁾。



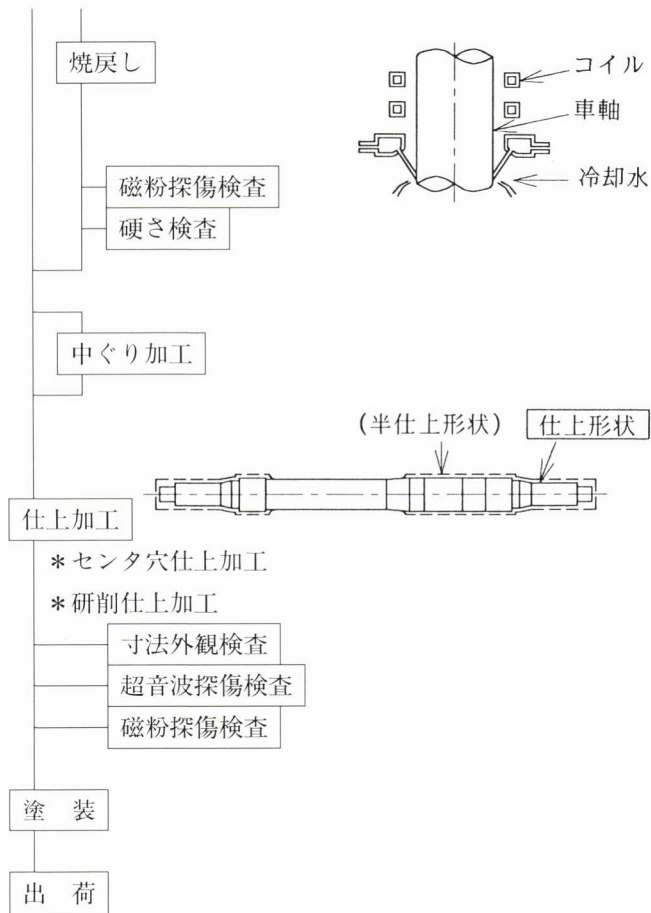


図8 車軸の製造方法

6 車輪、車軸の組立

車輪と車軸は、油圧プレスを用いた圧力ばめ、油圧ばめの方法で、JIS 4504鉄道車両用輪軸により組み立てられる。

6.1 圧入時の締め代

圧入時の締め代は、はめあい部分の機械加工を完了した軸及び車輪のボス孔の平均径の差をもって表し、締め代値は圧力ばめ、油圧ばめに関係なく、JIS E4504鉄道車両用輪軸に規定の値によっている。これを表9に示す。

6.2 圧入力

圧入力は、表10に示すように、JIS E4504鉄道車両用輪軸に規定されている。

7 台車部品の材料

鉄道車両用台車は、乗客を安全に輸送する役割を担っており、絶対に安全でなければならない。また、製品の性質上長寿命を要求される。更に、使用途中で実施される安全確認の各種検査が容易に実施可能であり、併せて経済性を

表9 締め代比

項 目	材料	締め代比	
		基準値	最大値
タイヤが取り付け けてない場合	铸鋼・鍛鋼	1.1×10^{-3}	1.3×10^{-3}
	高炭素鋼	1.2×10^{-3}	1.4×10^{-3}
タイヤが取り付け てある場合又は 一体圧延車輪	铸鋼・鍛鋼	1.3×10^{-3}	1.5×10^{-3}
	高炭素鋼	1.4×10^{-3}	1.6×10^{-3}
			1.5×10^{-3}

注) 高炭素鋼 1.6×10^{-3} はタイヤ付き、 1.5×10^{-3} は一体圧延車輪

表10 圧入力 単位：KN

項目	圧入される部分	材料	軸径100mm当たり圧入力			
			最大		最小	
			A	B	A	B
従軸	輪心	铸鋼鍛鋼	490	540	245	295
	一体圧延車輪	高炭素鋼	440	490		
動軸	輪心	铸鋼鍛鋼	540	590	295	345
	一体圧延車輪	高炭素鋼	—	540		
		歯車	—	540		245

注) A：タイヤが取り付けてない場合
B：タイヤが取り付けてある場合又は一体圧延車輪

求められる。これらの条件を満たす材料として古くから鉄鋼材料が使用されてきた。最近の傾向として、新幹線を始め車両の高速化をはかるために、車両部品の軽量化が必須となり、強度上適用可能な部品に限り、非鉄金属や新素材も採用されるようになってきたが、主な台車部品は鉄鋼材料を使用し、構造変更、小型化等により軽量化をはかっている。車輪、車軸を除く台車の主要部品に使用されている材料を表11に示す。

表11 台車部品の材料

部 品	使用材料	適用車両	関連JIS
台車枠	側バリ	SM400B	在、幹 JIS G3106
	横バリ	STKM13B	在、幹 JIS G3445
		STKM13A	在、 JIS G3445
		SM400B	在、幹 JIS G3106
		SC450	在、 JIS G5101
	座	SM400B	在、幹 JIS G3106
	小物部品	SS400	在、幹 JIS G3101
コイルばね		SUP11A	在、幹 JIS G4801
歯車装置	大歯車	S40C	在、幹 JIS G4051
	小歯車	SNM420	在、幹 JIS G4103
	歯車箱	SC450	在、幹 JIS G5101
		AC4CH-T6	幹 JIS H5202
	ころ軸受	SUJ2,3	在、幹 JIS G4805
	小物部品	S45C	在、幹 JIS G4051
		SS400	在、幹 JIS G3101
歯車形軸継手	外歯車	SCM440	在、幹 JIS G4105
	内歯車	S45C	在、幹 JIS G4051
ブレーキディスク		特殊鍛鋼	幹
		特殊鋳鉄	在
軸箱	軸箱体	SC450	在 JIS G5101
		A7050FD	幹 JIS H4140
	ころ軸受	SUJ2	在、幹 JIS G4805

注) 在：在来線用
幹：新幹線用



鉄道車両用台車に関するその他の関連JIS

既に記述した車輪、車軸、輪軸以外に台車に関し表12に示すJIS他が制定されている。

表12 その他の台車関連のJIS

関連JIS	内 容
JIS E4207 鉄道車両台車の設計 通則	鉄道車両に用いる台車枠の設計 に対する共通的な条件として、 台車枠の設計荷重及び許容応力 限度について推奨値を規定
JIS E4501 鉄道用車軸の強度設 計方法	JIS E4502に規定する車軸の輪 座の強度設計方法について規定
JIS E4206 鉄道車両用ばね装置	鉄道車両に用いるばね装置につ いて規定



おわりに

台車及び輪軸について構造、機能、製造方法について、日本工業規格(JIS)と関係づけて述べた。JISは国際規格との整合化作業が進められており、車輪、車軸、輪軸のJISは、ISOを包含する形で改訂される予定である。

参考文献

- 1) 菅原繁夫ほか：新在直通車両用台車の開発, 住友金属, 44, (1992) 3.
- 2) 多賀雅之ほか：車輪・車軸及び輪軸を安全にご使用いただくために, 住友金属工業(株)製鋼所, (1991)
(1999年5月31日受付)