

技術資料

鉄道用鋼材の趨勢

大和久重雄\*

TRENDS IN STEELS FOR RAILWAY USES—REVIEW—

Shigeo Owaku, Dr. Eng.

前 言

鉄道用鋼材といつても特別な鋼材がある訳でなく、ただ JIS などで定められている一般普通鋼材および特殊鋼材を夫々車輛部品や軌道部品に使用しているのに過ぎない。鉄道プロパーな鋼材といえばレール鋼、タイヤ鋼位ではなかろうか。運輸交通機関としては飛行機、船、自動車、汽車等があるが、この中飛行機には軽いこと、永続性よりも高度の強度或いは耐熱性など特殊な性質を必要とする材料が好んで用いられる。自動車もこの点同じで、いわば軽合金と特殊鋼づくめといつてもよい位である。そこへ行くと鉄道車輛は軽量ということよりも、むしろ安全性と永続性、殊に経済的に何回も修理がきくというところに材料の選択基準がおかれている。よつて飛行機が極度に軽合金と特殊鋼を使つているのに対し鉄道用は約 85 年の歴史を經ているにもかかわらず、10 年 1 日のごとく普通炭素鋼、それも軟鋼、半硬鋼程度を主要材料としているにすぎない。材力の不足はむしろ肉厚で補う式の行き方である。これは種々異論もあろうが、普通鋼材は比較的製造も簡単で、当り外れが少く、また使う方でも鋼材にくせが少くて使い易く、かつ永年使い慣れているため間違いが少いからであろう。然らば全然特殊鋼を使つていないかといえば、そうでもなく、ピニオンには Cr-Mo 鋼、大型ばねには Cr-Mn 鋼やボロン処理鋼、鋼板にはステンレスなどを使つている。併し鉄道用鋼材全体から見れば、それは微々たるもので、大勢は普通鋼、それも SS 材、SF 材、SC 材が多い。これらの材質で不足している特性、例えば強靱性や耐摩性は熱処理（焼入焼もどし、滲炭硬化等）によつて補つているのが関の山である。従つて、ここでは鉄道用鋼材として主としてレールとタイヤを対象に取上げ、ばね、車軸、齒車等については軽く触れることとする。

I. レール鋼

I.-1 炭素鋼レール

レール鋼は極めて少数の特殊品を除き、ほとんど全部が C 鋼である。しかし同じ C 鋼といつてもその C% は国々によつて異なる。概していえば歐洲各国は低 C (0.5~0.6% C, 軟質レール) で、米国は高 C (0.7~0.8% C, 硬質レール) である。我が国鉄は最初は歐洲の影響を受けて軟質レールを使つていたが、近時米国式硬質レールに変つてきている。歐洲はトーマス鋼、塩基性平炉鋼であり、ベセマー鋼これにつき、米国においては主として塩基性平炉鋼で日本も同じく塩基性平炉鋼による現状である。脱酸様式は欧米は皆キルドであるが、独り日本のみセミキルドによつている。日本におけるレールは明治 34 年官営八幡製鉄所で製造されてから、順次国产化され、最初は歐洲風に低 C 鋼であつたが、レールの section が大きくなると同時に軸重の増加に対抗して順次高 C 鋼へと移行した。昭和初年は 0.45% C、引張強さ 65 kg/mm<sup>2</sup> を標準としていたが、今日においては米国式に 0.60~0.75% C (昭和 28 年度総平均 0.68% C)、引張強さ 75 kg/mm<sup>2</sup> 以上 (総平均 87 kg/mm<sup>2</sup>) になつている。

また「レールは八幡」といわれる通り、従来は八幡 1 本であつたものが、昭和 27 年 12 月 (1952 年) から富士製鉄釜石製鉄所がレール製造を開始したので、今日では八幡、富士の 2 本建になつている。国鉄におけるレール鋼の C% 変遷を図示すれば Fig. 1.-1 の如くである。また、各国のレール鋼の成分規格を比較表示したものが Table 1.-1 である。

炭素鋼レールで高 C のものは圧延後の冷却を特に調節して内部白点の発生を防止する必要がある。この処理を C. C. 処理 (Controlled Cooling) と称し、米国では 1939 年よりこれを規格に取入れている。その大要はレールを圧延後 538~385°C (1000~725°F) まで空冷し、直

\* 鉄道技術研究所金属材料研究室長 工博

Table 1.-1 Specified compositions of carbon steel rails.

Class	Specification	C %	Si%	Mn%	P%	S%	Tens. str. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %
50 kg Rails	Japan JIS E1101 (1953)	0.60 ~0.75	<0.40	0.60 ~0.95	<0.045	<0.050	>75	>8
	Japan Nat. Railw. 1-B (1954)	"	"	"	"	"	"	"
	U.S.A-ASTM A1-49T (1949)	0.67 ~0.80	0.10 ~0.23	0.70 ~1.00	<0.04	—	—	—
	U.S.A-AREA (1954)	"	"	"	"	—	—	—
	U.K-BSS 11 (1936)	0.55 ~0.68	0.10 ~0.30	0.70 ~0.90	<0.07	<0.007	72.44~86.62	>10
	German Nat. Railw.(ordinary)	0.5 ~0.6	0.15 ~0.35	0.5 ~0.8	<0.06	<0.06	70~85	
	German Nat. Railw. (Semi resistant to wear)	0.55 ~0.75	0.15 ~0.35	0.60 ~0.90	<0.06	<0.06	80~95	
	France	0.45 ~0.55	0.10 ~0.30	0.80 ~1.20	<0.06	<0.06	70~85	
	India-IRSN. T 12-53	0.58 ~0.68	>0.05	0.65 ~0.90	<0.05	<0.05	—	—
	Manchuria Railways	0.60 ~0.75	<0.20	0.60 ~0.90	<0.040	<0.055	75~95	
37.30 kg Rails	Japan JIS E1101 (1953)	0.55 ~0.75	<0.40	0.60 ~0.95	<0.045	<0.050	>70	>9
	Japan Nat. Railw. 1-B (1954)	"	"	"	"	"	"	"
	U.S.A-ASTM A1-49T (1949)	0.55 ~0.68	0.10 ~0.23	0.60 ~0.90	<0.04	—	—	—
	U.S.A AREA (1954)	"	"	"	"	—	—	—
	U.K-BSS 11 (1936)	0.50 ~0.60	0.10 ~0.30	0.70 ~0.90	<0.07	<0.07	72.44~78.74	>12
	German Nat. Railw. (ordinary)	0.5 ~0.6	0.15 ~0.35	0.5 ~0.8	<0.06	<0.06	70~85	
	German Nat. Railw. (Semi resistant to wear)	0.55 ~0.75	0.15 ~0.35	0.60 ~0.90	<0.06	<0.06	80~95	
	India IRS No. T12-53	0.55 ~0.68	<0.5	0.60 ~0.90	<0.05	<0.05	—	—

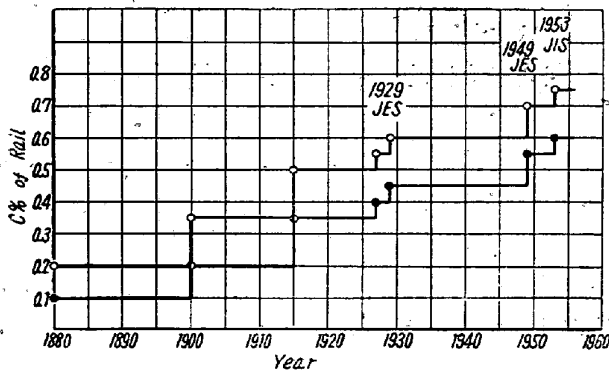


Fig. 1.-1 Change of C% in rail steels.

ちにC.C. 処理炉に入れ、150°C (300°F)まで7時間以上かけて冷却する。この処理によつてレールは水素の脱出が充分行われ、Shatter crack (白点と同じ) がなくなるので、使用中横裂 (Transverse fissure)の発生が防止される。C.C. 処理したレールをC.C. レールと称し、近時米国のみならず、各国でもこれの採用に向いつつある。我が国鉄では未だC.C. 処理の必要性を強く認めないので、採用していない。

また Brunorized rail あるいは Normalized rail と

いつて、特殊な焼ならしを施したレールが米国では1938年から採用されている。これは Shatter crack を除去するために行う特殊な焼ならし処理で、Brunorize というのはカーネギーイリノイス製鋼会社の John Brunner 氏の名前をとつたのである。即ち 950~1040°C (1750~1900°F)で圧延を終つたレールを冷却して 430~540°C (800~1000°F)に 2½時間保持した後 Brunorizing 炉に入れて A<sub>1</sub> 変態点+38°C (+100°F) または 830~845°C (1525~1550°F)に再加熱し 20~30分保つてから取出して空冷する。1941年頃は第2次世界大戦の影響を受けて、Brunorizing は中止されていたが、戦後また復活し、1947年の AREA (米国鉄道工学会)の報告によれば Brunorized レールには横裂が殆んど発生しなかつたとのことである。

C.C. 処理も Brunorizing もレール鋼中に含まれる水素ガスを逸散させ、内部白点を防止して横裂の発生を防ぐ1種の熱処理方法である。圧延直後のレールには相当水素ガスが含有されているので、伸びや絞りが小さく現われるが、時日の経過と共に水素が逸散するため、伸

Table 1.-2 Aging of rails (Yawta Iron & Steel Co.)

Class	Treatment	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %	Red.ar. %	Hardness H <sub>B</sub>	H <sub>2</sub> -content cc/100g
50 kg. rails 0.64%C 0.74%Mn	After rolling 1 day	84.4	15.0	19.0	217	2.24
	"      7 day	84.9	17.0	24.5	229	1.12
	"      30 day	85.3	17.5	25.8	238	0.56
	100°C × 4h	85.7	14.5	21.8	224	1.12
	300°C × 1h	85.6	17.5	26.8	215	0.44
	500°C × ½h	85.3	17.8	26.8	210	0.45
37 kg. rails 0.68%C 0.68%Mn	After rolling 1 day	84.7	14.0	20.5	215	1.57
	"      7 day	83.5	15.0	24.3	229	1.23
	"      30 day	84.3	16.0	25.5	223	0.86
	100°C × 4h	84.6	16.8	24.3	235	0.78
	300°C × 1h	84.4	17.5	25.8	223	0.45
	500°C × ½h	84.1	18.5	26.5	229	0.45

Table 1.-3

50 kg. rails	Hardness H <sub>B</sub>	Tens. str. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %	Red. ar. %	Impact value kg-m/cm <sup>2</sup>	Bending test (span 1m)			
						head-up		head-down	
						Max. load t	Max. bend mm	Max. load t	Max. bend mm
Head hardened rails	350	101.7	22.0	45.3	2.7	115	115	120	70
Ordinary rails	250	85.7	16.4	16.3	0.6	110	117	98.5	110

び絞りを回復し、強靱性を発揮してくる。Table 1.-2 はこの1例を示すものである。現在、八幡製鉄でも富士製鉄でもレールは圧延直後5～6時間目に引張試験を行っているので、レールとして現場に敷設される時は、これらの値よりも優れた性質のものとなつていくことになる。

炭素鋼レールでなお強度、特に耐摩性を必要とするところ、例えば電車線のカーブの外軌（山手線や城東線など）などは直線区間で優に25年（年間通車3000万t）も、もつものが半年とか1年しか寿命がないようなところでは特にレールの頭部だけをショアーかたさHs50±3に熱処理した所謂硬頭レールを使用している。硬頭レールは日本においては昭和8年にその試作が初められたが途中、戦争のため一時中止の形となり、戦後またまた復活し昭和26年から本格的に使用されている。その使用成績は非常に良好で、カーブにおいては普通レールの5～6倍の寿命を示している。欧米でも近時この熱処理レールに注目し、逐次使用し始めつつある。Fig. 1.-2 および Table 1.-3 は硬頭レールの機械的性質および頭部断面の硬化状態を示すものである。

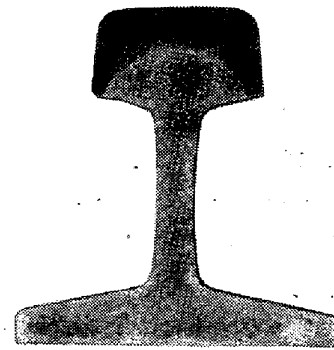


Fig. 1-2 Macro-structure of a head-hardened rail.

C型になつている。レールがタイヤによつて磨滅される機構はまだ明らかでない点が多いが、車輛通過の際の打撃的作用と軸重によるタイヤのレール面との圧縮撓動の両作用によつてレールの表面層が薄く塑性変形して飛散したり、また飴のようにフローを起して、これらがレール磨耗の最大原因と考えられる節も多い。従つてレールはタイヤの材質と共に軸重(列車速度も)のことも併せ考へてC%を決めることが必要である。この3つがうまくマッチしないとレールもタイヤもその本来の特性を發揮し得ないことがある。現

抑々、レールの磨耗は相手方たるタイヤとの関係において考えなければならぬ問題である。一般にいつて鋼はC%の高いものほど磨耗が少ないので、レールもタイヤも互に低Cから高Cへと変遷し、今日においては両者とも0.60～0.75% Cの高

に我が国鉄においても軸重の大きい機関車(D 52級, 軸重16.5 t級)が50 km/h以上の速度で通過する線区にはブラックスポット, またはシェリークラックという一種の亀裂がゲージコーナに発生し, 遂には横裂(これをdetail fractureという)にまで発展することもあるので, これが対策に腐心している状況である. 米国でもシェリークラックは一大問題で10数年前から大規模に研究しているが, 今もつて解決されていない(米国の軸重は32 t級). シェリークラックは一種のピッチングで, レール, タイヤ, 軸重の3者がうまくマッチしていないために起る現象であろう. 米国ではこの対策として硬頭レールまたは特殊鋼レール(Mn-Cr-V鋼)の使用を推奨している. 我が国鉄においても硬頭レール, 中Mnレール或いはまた逆に比較的軟質レールの採用などを企画している. 軸重やスピードは今後益々上昇の傾向にあるので, これに対してレールの材質もC鋼から特殊鋼へと移行する日もそう遠い将来のことではなからう. ただこうなつたときでも忘れてならないことは溶接性の問題である. 現在レールは標準長として25 mを採用しているが, 現場においてこれを溶接し, 長さ数100mから1000mにも至る長尺レールとして使用することが得策と考えられ, 既に実施に移っている. このような情勢下においては溶接性のよいことが必要条件となるので, この点特殊鋼レールは慎重に鋼種を決定すべきであろう.

## I.-2 特殊鋼レール

### (a) 中Mn鋼レール

Mnを1.0~1.4%添加した炭素鋼レールを俗に中Mn鋼レールと称し, かつて昭和の初期に使用したことがあるが, 近時ビルマや印度でこのレールの発註が多くなつてきたため, 再び八幡や富士で製造し始めたものである. 我が国鉄でも昭和30年度にはこれを試用することになつている. このレールの特長とするところは引張強さの割合に降伏点が高く, かつ耐摩性が強いことである. Table 1-4は英国の中Mnレール鋼の成分の規格を示すものである.

### (b) 高Mn鋼レール

C=0.9~1.2%, Mn=9~14% (Mn:C=10:1)の

高Mn鋼は, 一名ハッドフィールド鋼ともいわれ, 粘くて減らないことを特長とするため, 轍又(クロッシング)に好んで用いられる. 高Mn鋼レールは鑄造および圧延の形で使われるが, 日本ではすべて鑄造, 英米は稀れに圧延品が使われるが, 大部分は鑄造品である. 複雑形状のクロッシングに鑄込んだ後, 1100°Cに再加熱して水中急冷し強靱性を付与する. この処理を水靱といつているが, この処理によつて高Mn鋼は完全なオーステナイト組織のものとなり, 強靱性と耐摩性を発揮するようになる. 水靱後のかたきは約H<sub>B</sub>200で, 普通炭素鋼レールに比較するとむしろ軟かい方であるが, 列車通過による常温加工によつて加工硬化し, ショアーかたきH<sub>s</sub>=80~90にもなり, 驚異的耐摩性を発揮するようになる. 水靱後は粘いので機械切削や穿孔し難く, このため従来はグラインダ加工によつていたのであるが, レールとしてはその形状, 特にボルト穴の正確さを期するため, 近頃はほとんど全部, 機械切削(高速度鋼4種のバイト使用)や穿孔(高速度鋼4種のドリルまたは超硬ドリル使用)になつている. バイト切削した高Mn鋼は加工硬化を受けグラインダ仕上のもよりも約H<sub>s</sub>20硬くなるので好都合である(グラインダ仕上硬度H<sub>s</sub>31, 切削加工硬度H<sub>s</sub>52, 硬化層約0.6mm). 国鉄ではこの高Mn鋼クロッシングを昭和の初期に使い始めたが, レール頭部の中央に引渠や不純物の凝集があつて, これにより横裂折損を起すもの多く, その使用寿命が僅か7~12ヶ月であつたので, これが改善を種々計り, 特殊な仕様書の制定を行つた. その後戦争中の空白時代を越して昭和23年からまたまた高Mn鋼クロッシングを使い始めたが, その使用成績が良好なので, 国鉄を始め各私鉄も競つてこれを使用するようになった. 併し軸重の大きい蒸汽機関車の通過するところでは(東海道線名古屋以西, 山陽本線等)レール頂面のフローが甚しく, 敷設後1~2年で水平亀裂を起すので, これが防止対策の必要性に迫られている. 高Mn鋼は元来オーステナイト鋼であるから降伏点が低く, これが常温塑性加工によつて耐摩性を発揮するのである. 従つてフローを起すのは当然で, これを防ぐにはその降伏点をまずあげなくてはならない. このためにMn単味のものでなく, Cr(2%), Mo, Vなどを添

Table 1-4 Specified compositions of medium-manganese steel rails.

Specifications	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Tens. str. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %
50 kg rails U.K. BSS 11 (1936)	0.50~0.60	0.10~0.30	0.90~1.20	<0.07	<0.07	>72.44	>9
37 kg rails "	0.45~0.55	0.10~0.30	0.90~1.20	<0.07	<0.07	>72.44	>12
India IRS No. T 12-53	0.45~0.55	>0.05	1.10~1.40	<0.05	<0.05		

Table 1.-5 High-manganese steel rails.

Specifications	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%
Japan. Nat. Railways -No. 23-A (1950)	0.9~1.2	<0.4	11.0~14.0	<0.07	<0.04	
ASTM A128-33 (1942)	1.00~1.40	—	>10.0	<0.10	<0.05	
High-Mn Ni steel rails	0.75~0.95	<1.75	10.0~14.0	<0.10	<0.05	3.0~5.0

Table 1.-6 Specified compositions of steel for special rails.

Species	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Tens.str. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %
Compound steel rails (Example) { Head { Web & base	0.75	0.30	0.62	0.028	0.015	1.59		
	0.10	0.20	0.40	0.015	0.025			
Light rails JIS E1103 (1954)	0.40 ~0.60	<0.20	0.50 ~0.90	<0.060	<0.060		>58	>12
Tram car rails JIS E1105 (1952)	0.60 ~0.80	<0.40	0.60 ~0.95	<0.045	<0.050		H <sub>B</sub> > 159	
Six cities HT rails	0.40 ~0.75	<0.25	0.60 ~0.90	<0.050	<0.060			
Elevator rails, -agreement (1951)	0.15 ~0.25	<0.10	<0.60	<0.06	<0.06	rimmed steel		
3 rd rails -agreement	<0.06	<0.03	<0.15	<0.03	<0.04			
Rack rails, J.N.R.-No. 15-A (1952)	0.35 ~0.45	—	—	<0.060	<0.060			

加した特殊高 Mn 鋼が必要となつてくる。目下これらの高 Mn 鋼について研究中である。

Table 1.-5 は高 Mn 鋼レールの成分規格を示すものである。

### I.-3 特殊レール

#### (a) 複合鋼レール

レールとして磨耗の多い頭部のみに高 C-Cr 鋼を使用し、腹底部には腐食し難い軟鋼 (0.1% C) を使つた所謂複合鋼レール (compound rail) が、オスナーブリュックレールの商標名で日、独に使われている。このレールはインゴットを作るときに隔壁を用い、両側から各溶湯を注入して熔着凝固させ、これを圧延してレールにしたものである。その断面は Fig. 1.-3 の如くである。

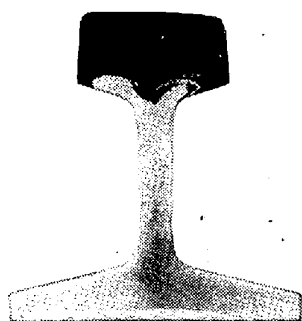


Fig. 1.-3 Macro-structure of a Osnabrück rail.

#### (b) その他のレール

Table 1.-6 に軽レール、路面鉄道用レール、第3レール

等の特殊レールに用いられる鋼の成分規格を示してある。

## II. タイヤ鋼

レールの上を走る鋼製車輪には2種類あつて、輪心に外輪を焼ばめしたものと輪心、外輪を1体に圧延したものである。前者をタイヤと称し、後者をディスクホイールまたはホイール、或いは1体車輪といつて区別している。タイヤは古くから作られているが、1体車輪は最近のことである。

わが国では最初明治 39 年7月官営八幡製鉄所が英国ジャックソン式によつてタイヤを圧延製造したのが始まりで、大正9年から大阪の住友製鋼所 (現在の住友金属) が米国式圧延機 (エッジウォーター) によつて製造するようになり、戦後八幡製鉄所は製造を中止したので、現在では住友金属の大阪と和歌山の2工場で製造されている。いずれも酸性または塩基性平炉によつて製鋼される。現在レールと同じ C% (0.60~0.75%) であり乍ら脱酸型式はレールと違つてキルドによつている。

一般にタイヤは耐摩耗性と強靱性が必要であり、このために高炭素鋼が用いられている。国鉄における明治晩年のタイヤ規格は英国の仕様によつていたが大正初期に鉄鋼材規格をドイツ式に改めたときタイヤはドイツ流に引張強さを小さくしたので軟質となり、タイヤの磨耗が多くて困つた。そこで大正 13 年以來、タイヤの耐摩耗性について長期間種々研究された結果、タイヤはかたい

Table 2.-1 Changes of the specification of tyre steel in Japan.

Year	Tensile Strength kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %	Red. area %	C %	Si%	Mn%	P %	S %
Until 1930	For wargon >65 For locomotive >75							
(1932)-J.N.R specification was established	>80	>10						
(1934)-Japan JES esta- blished	>80	>10						
(1948)-Japan JES was modified	>80	>10	>10	—	—	—	<0.045	<0.050
(1952)-Japan JIS was established	80~98	>10	>14	0.60 ~0.75	0.15 ~0.35	0.50 ~0.75	<0.050	<0.05

Table 2.-2 C% of tyre steels.

Years	C%	Average
1936~1937	0.60~0.75	0.66
1947~1948	0.51~0.81	0.65
1949~1951	0.60~0.81	0.66
1952	0.60~0.73	0.65
1953	0.60~0.75	0.67
1954	0.60~0.73	0.67

方がよいということになったので、昭和7年にタイヤ規格を改正し引張強さを 80 kg/mm<sup>2</sup> (在来は客貨車用 65 kg/mm<sup>2</sup> 以上、機関車用 75 kg/mm<sup>2</sup>) 以上に増大した。それ以来、タイヤは引張強さを以て規定することになり、化学成分としては単にPおよびSを指定するだけであつた。昭和23年のJESにおいて絞りの規定を追加した。この頃はC%の規定はなかつたが普通0.60~0.75% Cの程度で、引張強さは80 kg/mm<sup>2</sup>、伸び10%以上、絞り10%以上でこれが長く昭和27年まで続き1952年に到つて始めてC%が規定されたのである。これは戦後、国鉄においてタイヤの割損が比較的多く、これの原因を調査した結果、伸びおよび絞りを確保する必要を認めたのでC%を規定したのである。Si%やMn%もASTMに準じて新たに指定されたのである。JISによれば引張強さは80~98 kg/mm<sup>2</sup>となつており、粘きを与えるためにその上限が制限されたのである。従来、磨耗防止の見地からかたさを増す方向に進んできたタイヤも伸び、絞りを確保して粘きを増して安全性を重視するようになったのである。Table 2.-1は我が国におけるタイヤ規格の変遷を示すものである。またTable 2.-2は国鉄タイヤのC%の年代別変化を示す1例である。

各国のタイヤ鋼の引張強さを比較表示すればTable 2.-3の如くである。タイヤは高C鋼であるから、鍛圧後はそのまま常温まで空冷することなく400~150°Cの間を徐冷し、所謂C.C.処理を行つて白点の発生を防止することが望ましい。完全焼鈍は強度を低下するので好

ましくない。現在国鉄においてはタイヤはレールと同じC% (0.60~0.75% C) であるから、時々その磨耗が問題になる。種々実験の結果によればタイヤの磨耗は相手となるレールの材質如何にかかわらず高Cのものほど僅少であり、またレールの磨耗も高Cのタイヤを使用した場合ほど僅少である。レールもまた高Cのものを使つた方が一般に磨耗が少い。このためにタイヤもレールも漸次高Cになりつつあるが、いずれを多く減らすべきかということは一概に決めにくい。当初はタイヤを高C、レールを低Cにしてむしろレールを減らすようしていたが、近頃ではレールよりもむしろタイヤを減らすように組合せているようである。このため施設系統と車輛系統で往々論議の花を咲かせるのであるが、これは恰も矛と盾のようなもので仲々結論のない関係であろう。

我が国ではタイヤ鋼の規格成分は一本建であるが、米国の場合はC%の多少によつて3クラスに分け夫々用途を指定している。もつとも我国でも最近では規格C%のうち、高目のものを軸重の重い機関車に、低目のものを軽い車に使うようにしむけている。それでもなお、磨耗を少くさせねばならない機関車の動輪タイヤなどはフランジの附根、俗にノド部といわれるところをアセチレン火焰もしくは高周波によつて焼入硬化している。これをタイヤのフランジ焼入という。また近頃ではタイヤの磨耗と割損防止の目的で焼入焼もどしを施すことがある。これを熱処理タイヤといつている。

Table 2.-4は日、米のタイヤ鋼の規格を、またTable 2.-5は米国の熱処理タイヤの規格を示すものである。

タイヤを實際使用しておつて一番危険なものはブレーキバーンクラック (brake burn crack) による割損である。これはタイヤ、特にフランジ頂部がブレーキ熱 (1000°C 位になる) によつて焼入、焼戻され、恰度グラインダ、クラックと同じようなヒビワレを生ずる。これをブレーキバーンクラックといつているが、切欠き

Table 2-3. Tensile strength of tyre steels in different countries.

Country	I Group	I Group	II Group	IV Group
	70kg/mm <sup>2</sup> Class	80kg/mm <sup>2</sup> Class	90kg/mm <sup>2</sup> Class	105kg/mm <sup>2</sup> Class
Egypt		>74	88.2~97.6	
ASTM		>80	>81	
Belgium	70~80		80~90	90~105
EF Brazil		78.7~87.6	88.2~97.6	99.~108.7
B.S.S.	66.2~75.6	//	//	
India				
Tai(Siam)		75~85		
Denmark				
Germany	60~72	70~82	80~92	100~115
Finland			80~92	
France	>70		>90	
Italy		75~85		
Japan			80~98	
Mexico	>73.8	>80.86	>87.89	
Holland	70~80		80~92	
Norway	>70		80~92	
USSR			80~95	
Switzerland		70~85		
Sweden		72~82	88~98	
Turkey	60~72		80~92	
Uses:	Wagon cars	Tenders, light-weight electric cars	Locomotives, heavy weight electric cars	

Group	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Uses:
I~III	0.38~0.45	0.25	0.50~0.80	<0.05	<0.05				C Steel
I~III	0.55~0.62	//	//	//	//				
I~III	0.62~0.70	//	//	//	//				
I~III	0.70~0.85	//	0.50~0.75	//	//				
I~III	0.30~0.40	0.25	1.3~1.4	<0.05	<0.05				Medium-Mn steel
I~III	0.48~0.55	//	1.15~1.25	<0.035	<0.035	<1.3			
IV	0.65~0.75	0.30	0.75	<0.035	<0.035	<1.3			Low-alloy steels
IV	//	1.4	//	//	//	<0.4			
III+IV	0.55~0.62	1.30	0.60	//	//	<0.8			
IV	0.62~0.70	0.30	//	//	//	0.50~0.60	0.25		
III~IV	0.60~0.80	0.25	//	//	//	0.2~1.0	0.30	W<1.0	
IV	0.50~0.70	1.0	0.4~0.8	//	//	<1.4	0.3~0.6	1.0	

Table 2-4 Tyre steels.

Specifications	C%	Si%	Mn%	P%	S%	T. S. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %	R. A. %	
JIS E4501 (1952)	0.60~0.75	0.15~0.35	0.50~0.75	<0.050	<0.050	80~98	>10	>14	
ASTM	A-Class	0.50~0.65	0.15~0.35	0.50~0.75	<0.05	<0.05	>73.5	>12	>66
A26-39 (1944)	B-Class	0.60~0.75	//	//	//	//	>80.5	>10	>14
AAR (1951)	C-Class	0.70~0.85	//	//	//	//	>87.5	>8	>12

A-Class=Passenger car locomotives; B-Class=Wagon car locomotives, trailers, general cars; C-Class=Switching locomotives.

感受性の強いタイヤ鋼はこのクラックからタイヤ割損を起すことがある。高速、高荷重運転になるにつれてこのブレーキバークラックによる割損惹起の率が多くなってくる。これを防止するにはタイヤ鋼の切欠き感受性を

弱くするような処置を講ずればよいのであつて、それには熱処理を施して、その組織を微細な粒状化にするのがよく、なおCr, Mn, V等を添加して粒状化を助長させるのが有効である。米国ではブレーキバークラックによ

Table 2.-5 Heat-treated tyres. ASTM A 329-50T (1950) AAR (1951)

Species	C%	Si%	Mn%	P%	S%	T. S. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %	R. A. %	H <sub>B</sub>
A Class	0.52~0.62	0.15~0.35	0.60~0.90	<0.05	<0.05	>77	>16.0	>32.0	>223
B Class	0.62~0.72	"	"	"	"	>87.5	>14.0	>28.0	>255
C Class	0.72~0.82	"	"	"	"	>98	>12.0	>24.0	285~331
D Class	"	"	"	"	"	>108.5	>10.0	>20.0	321~363

Cr<0.15 Ni<0.25 Mo<0.06

A-Class=passenger car locomotives, B-Class=wagon car locomotives, trailer. C-Class=switching locomotives, trailers. D-Class=switching locomotives, heavy load trailers.

Table 2.-6 Wheels

Specifications	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	H <sub>B</sub>	Treat- ment	Notes
Japan Nat. Railways (Provisional stand.1952)	0.60 ~0.75	0.15 ~0.35	0.60 ~0.90	<0.055	<0.050	0.50 ~1.0	313 ~360	Heat- treat	
ASTM A57-48 (1948)	U-class 0.65 ~0.77	>0.15	0.60 ~0.85	<0.05	<0.05		—	None	Multiple wear
	A-class <0.63	"	"	"	"		225~321	H.T.	
	B-class 0.57 ~0.67	"	"	"	"		277~342	"	
	C-class 0.67 ~0.77	"	"	"	"		321~363	"	
ASTM A186-46 (1946)	I-class 0.65 ~0.85	>0.15	0.60 ~0.85	>0.05	>0.05				One wear
	II-class "	"	"	"	"				
ASTM A25-48 (1948)	0.65 ~0.80	>0.15	0.60 ~0.85	<0.05	<0.05				For electric cars

U-class=for general uses as non-treated; A-class=for highspeed and medium-load; B-class=for high-speed and heavy load; C-class=for medium speed and heavy load; I-class=as finished by rolling; II-class=as finished by machining.

る割損を起さないようにしたタイヤ(正確にはホイール)を freedom wheel といつて、高速、高ブレーキ用に推奨している。国鉄では Cr-Mn を添加して特殊鋼タイヤとし、これを熱処理(焼入、焼戻)して試験中である。

タイヤは輪心に焼ばめして使用するものであるから、タイヤが割損すると大変な事故をおこすことになる。このためにタイヤ鋼の材質や処理には慎重を期するのであるが、タイヤ割損を防ぐもう一つの方法として消極的であるが、1体車輪即ちホイールを使うのもよい方法である。これはタイヤと輪心が一体に圧延されたものと見做れるから割損事故は起りにくい。一体車輪は米国では相当以前から使われているが、我国ではごく最近のことである。熱処理して使用するのがよいのであつて、これにはリム部のみ熱処理するもの(R)と全体熱処理するもの(E)との2種類がある。Table 2.-6 はホイールの成分規格および熱処理を示すものである。

ホイールには圧延鋼製の他にチルドホイールと鑄鋼ホイールの2種がある。チルドホイールは鉄道用には米国

Table 2.-7 Chilled wheels (examples)

	C%	Si%	Mn%	P%	S%
U.S.A.	3.80	0.51	0.54	0.238	0.095
Manchuria railways	3.40	0.84	0.70	0.134	0.069

Table 2.-8 Cast steel wheels (examples)

	C%	Mn%	Cr%	Hs
Japan. N.	0.35	1.2		40~45
Japan. T.	0.42~0.48	1.2~1.5	0.4~0.7	45~50
U.S.A.	1.5			40

では僅かに貨車に使われているに過ぎないようであり、我国では管て満鉄でこれを使用したことがある程度で、国鉄では使用していない。その成分例を示せば Table 2.-7 の如くである。鑄鋼ホイールは最近使われ始めており、米国では 1.5% C の鑄鋼ホイール、我国では 0.4% C, 1.3% Mn の鑄鋼ホイールが私鉄で試用されている。



Table 3.-1 Spring steels for railway rolling stocks.

Species	Uses	Specification	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	V%	
Carbon steels	For leaf springs	JIS SUP 3	0.75 ~0.90	0.15 ~0.35	0.30 ~0.60	<0.035	<0.035			
		ASTM A68-49	0.90 ~1.05	0.15 ~0.30	0.30 ~0.50	<0.040	<0.050			
		AISI 1085	0.80 ~0.93	—	0.70 ~1.00	<0.040	<0.040			
		AISI 1090	0.85 ~1.00	—	0.60 ~0.90	"	"			
		AISI 1095	0.90 ~1.05	—	0.30 ~0.50	"	"			
		BS. En 42	0.70 ~0.85	0.10 ~0.40	0.55 ~0.75	<0.05	<0.05			
		BS. En 43	0.45 ~0.60	"	0.60 ~0.80	"	"			
	For coil springs	JIS. SUP4	0.90 ~1.10	0.15 ~0.35	0.30 ~0.60	<0.035	<0.035			
		ASTM. A68-49	0.90 ~1.05	0.15 ~0.30	0.30 ~0.50	<0.040	<0.050			
		AISI. 1085	0.80 ~0.93	—	0.70 ~1.00	<0.040	<0.050			
		AISI. 1090	0.85 ~1.00	—	0.60 ~0.90	"	"			
		AISI. 1095	0.90 ~1.05	—	0.30 ~0.50	"	"			
		BS. En 44	0.90 ~1.20	<0.30	0.45 ~0.70	<0.05	<0.05			
		Special steels	For leaf springs	JIS. SUP6	0.55 ~0.65	1.50 ~1.80	0.70 ~1.10	<0.035	<0.035	
BS. En 45	0.50 ~0.65			1.50 ~2.00	0.70 ~1.00	<0.05	<0.05			
BS. En 45A	0.53 ~0.63			1.70 ~2.00	"	"	"			
BS. En 46	0.35 ~0.45			1.50 ~2.00	0.60 ~1.00	"	"			
DIN. 48S7	0.40 ~0.55			1.50 ~1.80	0.50 ~0.75	<0.05	<0.05			
AISI. 9262	0.55 ~0.65			1.80 ~2.20	0.75 ~1.00	<0.040	<0.040	0.25 ~0.45		
AISI. 5150	0.48 ~0.53			0.20 ~0.35	0.70 ~0.90	"	"	0.70 ~0.90		
AISI. 5160	0.55 ~0.65			"	0.75 ~1.00	"	"	"		
AISI. 6150	0.48 ~0.53			"	0.70 ~0.90	"	"	0.80 ~1.10	>0.15	
ASTM A60-49	"		"	"	"	"	"	"	"	
For coil springs	BS. En45		0.50 ~0.65	1.50 ~2.00	0.70 ~1.00	<0.05	<0.05			
	BS. En45A		0.53 ~0.63	1.70 ~2.00	"	"	"			
	AISI. 9262		0.55 ~0.65	1.80 ~2.20	0.75 ~1.00	<0.040	<0.040	0.25 ~0.45		
	AISI. 5150		0.48 ~0.53	0.20 ~0.35	0.70 ~0.90	"	"	0.70 ~0.90		
	AISI. 5160	0.55 ~0.65	"	0.75 ~1.00	"	"	"			
	AISI. 8655	0.50 ~0.60	"	"	"	"	0.40 ~0.60	Ni 0.40 ~0.70	Mo 0.15 ~0.25	
	AISI. 8660	0.55 ~0.65	"	"	"	"	"	"	"	

Table 4.-1 Axle steels.

Specifications		C%	Si%	Mn%	P%	S%	T. S. kg/mm <sup>2</sup>	Elong. %	R. A. %
JIS E4502 (1954)	1 class SFA 55				<0.045	<0.050	>55	>23	>35
	2 class SFA 60				"	"	>60	>20	>30
	3 class SFA 65				"	"	>65	>23	>45
AAR M-101-52 (1952) ASTM A21-47T (1947)		0.40~0.55	>0.15	0.60~0.90	>0.045	<0.05	—	—	—

Table 5.-1 Pinion steels.

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Uses
Japan National Railways specification	0.35 ~0.43	0.15 ~0.35	0.60 ~0.85	<0.030	<0.030	0.90 ~1.20	0.15 ~0.35	For full quenching
	0.35 ~0.45	0.15 ~0.35	0.50 ~0.80	<0.030	<0.030			For induction hardening

何れも熱処理を施し、そのかたさを  $H_B=300\sim350$  にしている。これらの1例を示せば Table 2.-8 の如くである。

### III. ばね鋼

鉄道車輛用ばね鋼には主として C 鋼が用いられている。この点自動車用ばね鋼が特殊鋼 (Si-Mn, Cr-Mn, Cr-V 鋼) を使っているのと対照的である。C ばね鋼でも板ばね用 (SUP. 3) はコイルばね用 (SUP. 4) よりも幾分 C% の低目のものを使うのが慣しである。なお、独英においては水焼入用として 0.55% C よりも低炭素の鋼を未だに使っているところがある。車輛用板ばねの板厚は 13 mm (1/2") が大部分で、これ位の板厚になると 0.75~0.90% C の SUP. 3 級では油で焼きが入らず、焼入かたさはブリネルで  $H_B 400$  止りである。従つて水焼入によるか或いは特殊鋼を使わない限り完全に焼きの入つたばねは得られない。車輛用ばねの性能をよくするため最近では板厚を増して、枚数をへらすことが流行しているが、こうなると板厚は 20~25 mm にもなることは珍らしくないので、この場合にはボロン処理したばね鋼かまたは Cr-Mn 鋼などの特殊鋼を使用する他はない。なおばねはその肌の良否によつて著しく寿命が左右されるので、近頃では黒皮や脱炭層をグラインダ研磨した磨きばねやショットピーニングしたばねが好んで用いられている。

しかし、いずれにしても C 鋼ではいろいろな点においてばね用鋼材として不適なので、諸外国はもとより我が国においても特殊鋼に移りつつある。特殊鋼のうちでは Cr-V 鋼, Cr-Mn 鋼等が優秀である。

Table 3.-1 は鉄道車輛用ばね鋼の成分規格を示すも

のである。

### IV. 車軸用鋼

車軸は C 鋼製で鍛鋼品の代表的なものである。管て圧延による車軸も鍛鋼車軸と遜色がないというので推奨されたこともあるが、現在はすべて鍛鋼品 1 本槍である。車軸はその強度が一杯一杯で、いわば安全係数が 1 に近いところで使っているのので、表面仕上や形状などノッチエフェクトになるような原因は極力これを避けなければならない。最近では高周波焼入を施したり、ローラ仕上などを行つて疲れ強度を向上させる方策がとられている。車軸の高周波焼入は非常に効果的である。また車体軽量化の一端として中空車軸が試用されている。

Table 4.-1 に車軸用鋼の成分規格を示してある。

### V. 歯車用鋼

電氣車に使われる歯車、特に小歯車は戦前は Ni-Cr 鋼が主であつたが、終戦後一時 Si-Mn-Cr 鋼 (イ 234) が使われ、使用成績が面白くなかつたので現在は Cr-Mo 鋼を採用している。この鋼製小歯車は油のズブ焼入、焼もどしを行い、歯先硬さをショアーで 50 以上、歯底かたさをブリネルで 311~415 に調整して使用する。なお最近では高周波焼入が採用され始めたので、これ用として S 40 C 程度の炭素鋼が使われている。このときには歯先硬さをショアー 65 以上、歯底をショアー 55 以上に熱処理することが望まれている。

Table 5.-1 は現用歯車の化学組成を示すものである。

### 結 び

以上、鉄道用鋼材としてレール、タイヤ、ばね、車軸、

歯車についてその大略を述べたのであるが、鉄道はいま 3S 即ち Safety (安全), Speedy (高速), Saving (節約) を目標として各種の改善、改良を強力に押し進めている。これに伴って使用鋼材もまた変更されつつある。例えば従来リベット構造であつた車体が溶接構造になりまた鑄鋼構造の採用となり、鑄鉄も強力鑄鉄あるいは強力鑄鋼に置換されつつあり、軽量強力をめざして不断の努力が続けられている。

また動力源の変更としてガスタービンが登場し、或いは交流電化が実現の途上にあり、近き将来には原子力機関車も実現されようとする気運にあるとき、陸上機関にも優秀な耐熱鋼および特殊構造用鋼が要求される日も遠

くはないであろう。これを楔機として鉄道用鋼材も大きく転換することは疑いもないところである。(昭和30年6月寄稿)

#### 文 献

- 1) 中島竜一: 軌条 (レール), 1943
- 2) R. E and M: Cyclopeda, 1948
- 3) U.S.S.: The Making, Shaping and Treating of Steel, 1951
- 4) Lehmann: Radreifen, Radscheiben und Vollräder, 1952
- 5) N. A. Mathews and R. A. Flinn: Trans. of the ASME, May, 1954
- 6) 高桑五六: 交通技術, No. 95, 1954

## 会 告 VII

### Tetsu-to-Hagané Abstracts No. 3 の発行

本邦鉄鋼技術の現状を海外に紹介し併せて世界鉄鋼技術界への交流の第一歩たらしめる意図の下に一昨年より毎年一回発行しております会誌鉄と鋼掲載論文概要の英文版 Tetsu-to-Hagané Abstracts No. 3 (1953) は9月末完成致しましたので、取敢えず諸外国の製鉄会社、研究所、図書館、学校等の関係筋へは発送を終りました。第3号は内容外観共に改善されていますので一層の反響があるものと思います。

国内にも御所望に応じ下記の如く実費頒布しますので御希望の方は代金添え協会宛御申込み下さい。

#### 記

Tetsu-to-Hagané Abstracts No. 1 (1951) B 5 判 56 頁 .....	200 円
〃 No. 2 (1952) B 5 判 71 頁 .....	300 円
〃 No. 3 (1953) B 5 判 69 頁 .....	300 円