



バス車體のシャシー

## 自動車 の 材 料

吉 城 肇 蔚

### 緒 言

自動車と一言にしていうが、その種類は多種多様である。形式や構造等も國産車と外國車とは違っている。同じ外國車でもアメリカ製とヨーロッパ製とはまた變つてくる。それらもおまた戦前とアプレ・ゲルとはおのずからいろいろの點で異つてゐるから一概にはいえない。その自動車の材料について述べよというのだから、餘りやさしい問題ではない。が多少とも私がわが國においては見識経験が深いということだから、やむなくこれ等のことがらについて、一二のべることにする。

日本の自動車を歴史的にいえばこれをダットサン、オハタ、トヨベットの小型4輪車、トヨタ、ニッサン、いすゞ、ふそうのガソリン積トラック、マツダ、みずしま、ダイハツ、アキツ、ジャイアント、くねがね、サンカー、オリエント等のいわゆるオート・3輪車、デンカ、たま、神鋼、電装、中島等の電気自動車、日野、民生、いすゞ、東日本重工、池貝、金剛等のディーゼル大型車、シルバー・ビジョン、ラビットのモーター・スクーター等々が代表的車種といえる。

以上のような自動車の材料はまずなんといつても、鋼が多いことは論をまたない。しかし、眞鍮、白金合金、輕合金、亜鉛、銅、鑄鐵、ニッケル等の非鐵合金も使用している。ゴム、ガラス、布、プラスチック等も必要資材ではある。

こゝに以上のような材料で一々羅列してもスペースがないし、興味もないので、自動車材料の特性やトピックス等について記述してみたい。

自動車の生産過程においては(1) どのような自動車を造るか——計畫、(2) どのような材料や機械でどう造るか——生産、(3) 規格通りの製品ができ上つたどうか——検査という3部門にわけることができる。このうちで材料はとくに自動車の性能や價格の上において重要な地位を占めていることは議論の餘地がない。

例えばシリンダの磨耗が少いか、軸受合金が焼付いたとか、ポンプの軸がへらなとか、クランク軸が折れるとか、スプリングがへたる。辨ばねが折れる、深絞りの板がわれるなど材料に對する苦情は非常に多い。戦前

も戦後もともに同じ位だ。とくに外國品にくらべていけない。

その原因はどうだろう。それはいろいろ考えることができる。材料工業の技術水準が低いともいえる。いや、自動車の價格自身が相對的にやすいので、その一部一部を構成する部分品の單價をやむをえずやすくせざるを得ない事情にあるとも考えられる。大體アメリカが世界一の自動車生産國で、その巨大な設備、生産方式、販賣術で需要者にやすく普及している關係から、日本の自動車部品もその影響で一般に廉くねぶみざれるので、資本蓄積の低いわが國の自動車關係工場ではコスト高の製品安という結果になりがちで、自然品質の信頼度の低いものが出廻る危険が非常に多いということがいえる。

以上經濟的根據にだけその原因をおしつけたような感じだが、技術面においても優秀とはいえない點がある。一言にしていけば自動車工業の根本である大量生産方式というものが材料面においても、加工方面においても、検査作業においても徹底普及していないうらみがある。下請作業をやる中小企業においてとくにそういえる。

自動車の根幹である材料部門においても同様のことが100%いえる。大量生産用機械加工に適する品質均一な素材の入手の難しいことが、日本の自動車のよくない大きな原因の一であることは記憶に價する。材料が根本的によくならなければ、鋼材、塗料、ガラス、ゴムその他すべてのものの品質が向上し、價格がやすくならなければ、日本の自動車の國際市場進出は期待できない。

### 自動車用材料の種類と特質

自動車用材料のうち主として金屬合金についてのべる形からいえば棒、管、線、板にわけられる。種類は鋼、銅合金、輕合金の順に使つてゐる。これらの形の素材から鍛造、機械加工、プレス、熱處理等によつて部品をつくる。これらはすべて生産技術に關係がある。しかも先にのべた大量生産方式技術である。

したがつて自動車用材料は大量生産用材料であることが第1條件である。この頃の數理統計學や品質管理論からいえば、平均値  $\bar{x}$  と標準偏差  $\sigma$  との上等の値のものだということである。これは筆者が十數年前から提

唱していた事實で、材料業者は戦前までは相當理解していた。いままた品質處理啓蒙運動でその觀念が再確認されつつある。例えば機械加工方面からいえば自動機を多く使う關係上、寸法公差の僅少な棒材でなければが受け付けない。ボルト、ナット材においても、後車軸用鍛造材でも公差が JIS 程度だと故障がおきたり、工員がケガをしたりする。大量生産用機械には大量生産用材料を食わせねば絶対だめだということは重大事實である。

經營者は從來、機械さえ外國品を買つてくればなんでもできると思いがちで、外國生れの機械に適合する素材の供給を忘れてみずから製品の技術水準を低くしている向きがあるので注意を要する。

自動車の車體の深絞りはむづかしい。アメリカ製の薄鋼板 ARMCO とか SENEKA 等は容易に成形できる。國産品では、不良率は少くなつたが、できばえが見劣りする。これは鋼板の生れつきで、銑鐵、屑鐵の差からくることは、アメリカのパンと東京パンとの相違みみたいなものである。宿命的な素因も多くあるが、あきらめる必要はない。道遠からじと努力すべきである。

自動車工業の特質として、黒皮鍛造仕上げ、自動単用機の普及等がとくにあげられるが、これにしたがつて材料の特質も限定される。すなわち黒皮仕上げは型鍛造で加工されない部分は後に機械加工をしないでそのまま製品として賣るのであるから、表面はキレイでなければならぬ。したがつて表面にキズが残つてはまずい。すなわち鍛造素材は寸法はやかましく、表面キズは絶無であるべしという要求である。しかも化學成分の公差は炭素で  $\pm 0.04\%$  位だというとわが國の鋼材會社は悲鳴をあげよう。ここにアメリカと日本の差がでてくる。

もう一つの自動単用機である。これは切削専用機でただ高速に正確にキレイに仕上がればよい。このためには快削鋼を絶対使用せねばならぬが、戦後わが國で快削鋼の生産をきかない。

こういう風に根本問題が解決されていないために、日本の自動車工業が遅々として進歩しない。技術者も、その代表である學術會議々員も、ひいては國會議員も日本工業の根本問題を検討の上方針をきめねば、相變らず芋鍛造會社、ケズリ屑製造會社の助成育成にこれつとめることに相成ろうというもの、絶対要注意事項に屬する。

### 自動車用鋼材規格

今日本の自動車はどんな鋼材を使つているか。アメリカや歐洲車はどうか。という疑問から解決してゆこう。はつきりいつて自動車規格はアメリカの SAE 規格に引きずられ、品質向上の方向にあることはよろこばしい。SAE 鋼材規格とは Society of Automotive Engineers (自動車技術會に當る)が毎年改訂制定している自動車用規格で、極めてその表示法や内容が優れているので、筆

第 1 表

SAE 鋼—炭素鋼 SAE Handbook, 1949 年から抜粋

SAE No.	C	Mn	P	S
1006	<0.08	0.25~0.40	<0.040	<0.050
1008	<0.10	0.25~0.50	"	"
1010	0.08~0.13	0.30~0.60	"	"
1015	0.13~0.18	0.30~0.60	"	"
1016	"	0.60~0.90	"	"
1017	0.15~0.20	0.30~0.60	"	"
1018	"	0.60~0.90	"	"
1019	"	0.70~1.00	"	"
1020	0.18~0.23	0.30~0.60	"	"
1022	"	0.70~1.00	"	"
1024	0.19~0.25	1.35~1.65	"	"
1025	0.22~0.28	0.30~0.60	"	"
1027	0.22~0.29	1.20~1.50	"	"
1030	0.28~0.34	0.60~0.90	"	"
1033	0.28~0.36	0.70~1.00	"	"
1034	0.30~0.38	0.50~0.80	"	"
1035	"	0.60~0.90	1.20~1.50	"
1036	0.30~0.37	"	"	"
1038	0.35~0.42	0.60~0.90	"	"
1039	0.37~0.44	0.70~1.00	"	"
1040	"	0.60~0.90	"	"
1041	0.36~0.44	1.35~1.65	"	"
1042	0.40~0.47	0.60~0.90	"	"
1043	"	0.70~1.00	"	"
1045	0.43~0.50	0.60~0.90	"	"
1046	"	0.70~1.00	"	"
1049	0.46~0.53	0.60~0.90	"	"
1050	0.48~0.55	"	"	"
1052	0.47~0.55	1.20~1.50	"	"
1055	0.50~0.60	0.60~0.90	"	"
1060	0.55~0.65	"	"	"
1062	0.54~0.65	0.85~1.15	"	"
1064	0.60~0.70	0.50~0.80	"	"
1065	"	0.65~0.90	"	"
1066	0.60~0.71	0.85~1.15	"	"
1070	0.65~0.75	0.60~0.90	"	"
1074	0.70~0.80	0.50~0.80	"	"
1078	0.72~0.85	0.30~0.70	"	"
1080	0.75~0.88	0.60~0.90	"	"
1085	0.80~0.93	0.70~1.00	"	"
1086	0.82~0.95	0.30~0.50	"	"
1090	0.85~1.00	0.60~0.90	"	"
1095	0.90~1.05	0.30~0.50	"	"

註—Si% は別に定める。

者等は敬意を表している。戦後にわかに種類がふえ、その系統にも一寸混亂をきたしたような感じをもつが、今後日米間の交渉がますます深刻になるにつれ、やはりその使用度も増加するだろうから一寸紹介しておこう。

例えば SAE 1040 といえは C 0.40% の単純炭素鋼、また SAE 3120 は Ni-Cr 鋼で、炭素量は約 0.20% の過炭鋼、SAE 5140 は Cr が約 1% で C 0.40% のクロム鋼などのように、第 1 番目の数字が鋼種を、第 2 番目の数字がその特殊元素量を、第 3~4 番目の数字が炭素の%を示しているのである。全鋼種を網羅できないのでその系列を示すにとどめる。

[1] 炭素鋼 10—炭素鋼, 11—快削鋼, ネジ材, 13—Mn 鋼(1.6—1.9%) [2] Ni 鋼 23—(3.5%Ni), 25—(5%Ni) [3] Ni—Cr 鋼 31—(1.25%Ni, 0.6%Cr), 32—(1.75%Ni, 1%Cr), 33—(3.5%Ni, 1.5%Cr), 30XXX 耐酸, 耐熱鋼 [4] Mo 鋼 (0.15—0.3%Mo) 40—C—Mo, 41—Cr—Mo(0.4—1.1%Cr), 43—Cr—Ni—Mo(1.75%Ni, 0.5—0.8%Cr), 46—Ni—Mo(1.75%Ni), 48—Ni—Mo(3.5%Ni) [5] Cr 鋼 51—低 Cr, 501—低 Cr(軸受), 511—中 Cr(軸受), 521—高 Cr(軸受), 51XXX 耐酸, 耐熱鋼, [6] Cr—V 鋼 61—(1%Cr) [9] Si—Mn 鋼 92—(2%Si) [8—9] 3 成分合金鋼 86—(0.40—0.70%Ni, 0.40—0.6%Cr, 0.15—0.25%Mo) 87—(Ni, Cr 同前, 0.20—0.30%Mo), 93—(3.0—3.5%Ni, 1.0—1.4%Cr, 0.08—0.15%Mo), 94—(0.3—0.6%Ni, 0.3—0.5%Cr, Mo 同前), 97—(0.4—0.7%Ni, 0.1—0.26%Cr, 0.15—0.25%Mo), 98—(0.85—1.15%Ni, 0.7—0.9%Cr, 0.2—0.3%Mo) [9] 低合金高抗張力鋼 9XX [60] 耐熱鋼 60XXX(1—22%Ni, 4—30%Cr, 2—80%Mo, 1.5—2.0%Si, 1.0—2.0%Mn) [70] 同前, (4—68%Ni, 10—32%Cr, 2—3%Si, 1—2%Mn)

以上のものであつて最近高温度用合金鋼の規格制定に大重であるようである。

一般に SAE 鋼は外國の規格にくらべて Mn 量が高い點は注意を要する。したがつて C%だけ比較しても同じものより SAE 鋼の方が強くて焼がよく入るわけである。

第 2 表 自動車用クロム鋼

種 別	化 学 成 分 %					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
クロム鋼 1 種	0.13 ~0.18	0.15 ~0.35	0.60 ~0.85	0.035 以下	0.035 以下	0.90 ~1.20
" 2 種	0.18 ~0.23	"	"	"	"	"
" 3 種	0.23 ~0.28	"	"	"	"	"
" 4 種	0.28 ~0.33	"	"	"	"	"
" 5 種	0.33 ~0.38	"	"	"	"	"
" 6 種	0.38 ~0.43	"	"	"	"	"
" 7 種	0.43 ~0.48	"	"	"	"	"
" 8 種	0.48 ~0.50	"	"	"	"	"

なお P, S 量も多いが、これは Mn の多いのも手傳つて後に述べる快削性を増している効果を與えている。また SAE 規格には Si% が明示してない。脚註に小さくかいてある。これを落してはいけない。縁付鋼が鎮靜鋼

かを注文者が指定すべきである。この點とくに若い技術者は注意しないと、えらい事故をおこす。SAE ハンドブックを丸寫して規格をだして、大損害を與えた先輩の轍をふまぬよう、その折は學識経験者の門をたたくべきである。も一つ、SAE 鋼材規格には機械的性質を別に規定していない。これは化學成分の標準偏差σのが小さければ、因果律によつてその機械的性質も一定になるということを見越した賢明なやり方だと思う。

ところで日本の自動車鋼規格はどうなつているか。これは JIS で定められている。種類は 2 種類、すなわち炭素鋼と Cr 鋼(あるいは Cr—Mo 鋼)である。炭素鋼は機械構造用炭素鋼という名稱になつている。これらは約 10 年前當時アメリカの影響を受けた、わが國の自動車工業關係者によつてでき上つたもので、敗戦後になつて見れば SAE 規格の觀念通りになつているし成分はたゞ C%だけの高低によつて性質をかえようという理想形式になつているので、かえつて SAE 規格より進んだものだと思われる。

合金鋼を Cr 鋼だけにしたのは、もちろん Ni—Cr 鋼に越したことはないが、資源としては人間以外にはなんでもが不足している日本としては、Ni 等は最後の切札元素にしておくがよい。またコストを下げる意味からも戦時折角 Cr 鋼に切換えてなれてしまつたそのむづがしい技術保存の上からも、いま祖國復興の途上に容易な技術にもどる必要は豪もないから Cr 鋼一點ばりでゆく元氣は買うべき價値がある、世界の自動車市場に君臨している Ford 車が Cr 鋼 1 本でいつてる事實は見逃してならない數十年來の祕事であつた。戦後のアメリカ車が、51—系にほとんど轉換している眞相は知る人ぞ知るで、いまさらこれをまねないですんでるわが國自動車技術者には將來に榮光あるものと信じる。たゞし 86—系、97—系のように低 Ni Cr—Mo 鋼の使用はゆるさるべきである。

#### 自動車部品と材料

クランク軸 鋼材の C 0.40—0.55%をもつとも多く用いる。統計的に SAE 1045 が一番普通だが、強度を要求する場合は C%をあげる。上にのべたように型鍛造で作るが、火造りや熱処理で鋼材を損傷しないように注意せねばならぬ。できあがりの引張り強さは 77 kg/mm<sup>2</sup>, 伸 18%, 絞り 45%, ブリネル硬度 225—235 が標準である、日本の多くの自動車のクランク軸の材料は炭素鋼で、そのままのズブ焼入れか、火焰式表面硬化で軸面を硬くしている。アメリカではだんだんと高周波焼入れがさかんになつてきた。

高級車には SAE 3140 を用い、機械的性質は引張り強さ 109 kg/mm<sup>2</sup>, 伸 16%, 絞り 50%, ブリネル硬度 235—305 で油焼入れをしている。この外 Cr—V, Cr—Mo, Ni—Cr—Mo 鋼などを使用していたが順次炭素鋼

になりつゝある。

**鑄鋼クランク軸** これは Ford 車がシリンダから V 3 型に轉換した際に發表しその後ずっと使用している。黒鉛性鑄鋼で、従來の鍛造より單價を低くし、成形を容易にして、のちに熱處理で機械的性質を與えるという賢明な方法をとつている。製品から採つた試料の研究報告では、化學成分の一例は C 1.66%, Si 0.89%, Mn 0.70%, Cu 1.78% Cr 0.65% で引張り強さは 55 kg/mm<sup>2</sup> で伸や絞は事實上 0 であつたという。

なお國産トヨタ車も鑄鋼クランクを使つているが、製造法は普通鑄鋼と同じで、型作業はアメリカ式であるが材質は Ford とちがつている。

**ピストン** 第 1 次大戦前にはもつぱらピストン材は鑄鐵であつたが、その後は順次アルミニウム合金になつていつた。比重が鐵の 7.5 から 3 に下るから、それだけ軽くできるかというとはならず、強度の不足、特に高温度での不滿のため壁を厚くする等のため、そう軽くはできない。

しかし第 2 次大戦前には航空機の影響もうけたことだが大抵ピストンがアルミニウム合金になつた。その中でも有名なのは Lk-Ex (Low expansion) 合金と Y 合金である。Lo-Ex はニッサン車が Bohn の特許を買つて使用している。要は Si % を多量に入れて膨脹係數を減ずるにあるので Y 合金が  $12.2 \times 10^{-6}$  なのに比し Lo-Ex は  $10 \sim 10.6 \times 10^{-6}$  で Si は 12-20% 入れうる。Si が多い程膨脹率は小さいが、脆點が上昇し、また硅化アルミニウムの硬物質の發生が多くなり、溶解、機械加工が困難になる。

Lo-Ex の化學成分は Si 14%, Ni 2%, Cu 1%, Mg 1% で、機械的性質は引張り強さ 21 kg/mm<sup>2</sup>, 伸 0.1% ブリネル硬度 90~120, 膨脹係數  $10.5 \times 10^{-6}$  である。

この輕合金ピストンを使用する主要な理由は、材料屋は高温度強度が高いからだというのが、設計實際方面からいへば (1) 熱傳導度がよいからピストンの頭の温度が高

くならない (2) アルミ合金は耐摩性のベアリング性質が大きいからである。立場が違えばいい分がたがいに違うのがおもしろい。その他 Y 合金もかなり使つている。Y の化學成分は Cu 4%, Ni 2%, Mg 1.5% で強度は Lo-Ex と等しい。

アルミ合金ピストンに "invar" (Ni 36.2% の最低膨脹係數の鐵合金) strut を挿入したものは 1923 年に A. Nelson の發明で日本でも使つていることは先にも述べた。Ni 33% のものを代表しているものがあるが、これは未だいゝとして Ni 0% のものにしたつてはインチキといわざるをえない。

### アルミピストンの表面處理

輕合金ピストンは焼付きの故障が多かつたので、これをふせぐために陽極處理を行う。25% の H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液内でピストンを陽極に、Pb 板を陰極にして、24°C で 12V で 40 分處理し、いつも攪伴する。こうするととくに冷間時起動の際潤滑作用が働かないための故障を防止できる。

また輕合金ピストンを錫メッキする作業が一般化している。これは鑄鐵ピストンでもやる。その方法は機械加工後、清淨水洗、5% HCl 液に 5 分、水洗後、約 1.7% NaOH 液に浸し、流水中に貯藏する。次に錫酸ナトリウム溶液中で 60~70°C で 5~8V で 60 分間、電流密度 0.32~0.40 amp/cm<sup>2</sup> で處理すると 0.046~0.056mm 直徑が増加する。

この他に浸漬法がある。電解能の差による法でピストンを清淨後 20% HNO<sub>3</sub> 液に透し、流水で洗い、約 5% の錫酸ナトリウム液に 3~5 分浸漬する。0.005mm の Sn 皮膜を生じ灰白色の錫獨得の色澤を與える。

以上自動車材料の特性をピックアップし、材料に對する筆者の見解・希望の一端を述べて大方の御参考に供する次第である。

### 生産技術研究所報告の最新刊!

特に頒布御希望の方は當研究所臨時業務部へ御照會下さい。第 1 卷第 4 號は高橋武雄教授・木本清二特研共著 "高粘性アルギン酸に関する研究" であつて、その内容は、高分子電解質であるアルギン酸鹽の重合性を粘性および電導性より實驗的研究を行い、併せて種々の酸の作用によるアルギン酸分子の崩壊を粘性的變化によつて詳細に研究し、高粘性アルギン酸製造上の參考に資した。第 1 卷第 5 號は山田嘉昭助教授著 "二次元塑性理論とその塑性加工への應用について" の研究である。すなわち、材料が完全塑性で、Saint Venant-Mises の法則に従う場合の理論とその塑性加工への應用を取扱つたものであつて、まず二次元塑性理論の概要と、それを用いて得られる滑り線の性質を論じ、最後に理論を實際の塑性加工に應用した例をあげて、繰引・壓延・押出し等を嚴密に解く方法を述べた。

### 次 號 豫 告 (1951 年 3 月 號)

論 說	岡 宗次郎
研 究	可動ステップによる船體抵抗の減少………元良 誠 三
	電磁型ピックアップの周波數特性………高木 昇 彦
	森園 正彦
	感度の大きい歪検査機………久保田 廣
	醬油類によるアルミニウム及その合金の腐蝕………増野 實 隆
	黒岩 茂隆
調 査	合成樹脂塗料………堀田 幹雄
	合成樹脂塗裝………兒玉 正雄
	兒島 修二
その他	トピック、實驗ノート、速報等