

Fig. 3. Welding procedure of inconel clad steel.

Table 3. Comparison of loss weight by corrosion.

	Loss weight by corrosion
Inconel (Before rolling)	0.84 mg/cm ² hr 0.91
Inconel clad (As water-quenched)	2.47 2.68
Inconel clad (Normalized)	0.95 0.79
AISI 304	26.1 29.5
AISI 316L	3.5 2.8

て大まかな比較試験を行なった。

一般にオーステナイト系高ニッケルあるいは高ニッケル・クロム合金を普通炭素鋼板にクラッドする場合、その熱処理法が特に問題となる。すなわちこれらオーステナイト合金に対してその最もすぐれた耐食性を得るためには高温から急冷が望ましいのに対して、炭素鋼の場合は、その板厚あるいは成分に応じてノルマイズやノルマイズ+テンパー処理が必要となる。したがってこの相反する処理を母材およびクラッド材の両方に完全に満足させるのは不可能であるが、今回の試作のように板厚が比較的薄く、しかも加熱時間の短い処理を行なった場合はオーステナイト粒界へのカーバイドの析出はインコネルそのもののカーボン含有量と 900°C 付近におけるオーステナイトのカーボンに対する溶解度を考えあわせれば、インコネルを溶体化処理したときと比較して耐食性におよぼす悪影響はほとんど無いものと予想される。このことを裏づけるために JIS G4304 に規定されている全面腐食試験により、インコネル・クラッド鋼板の耐食性を、溶体化処理を行なったインコネル単体および他の市販オーステナイト系ステンレス鋼と比較してみた。

試験結果を Table 3 に示す。

この試験方法に限っては、Table 3 に示すようにインコネル・クラッド鋼板の耐食性がすぐれていることが確かめられたが、さらに繰返し SR などの長時間加熱を受けた場合や他の腐食環境あるいは溶接部に対する耐食性を確かめる必要があり、現在追加試験中である。

4. 結 言

すぐれた耐熱・耐食合金であるインコネルをより有利に利用することを目的としてインコネル・クラッド鋼板の試作を行なった。その結果、このクラッド鋼板は圧延後ノルマイズ状態ですぐれた性質を有し、溶接も比較的簡単に行なえることが確かめられた。

特に種々の熱的取り扱いに対して剪断力の低下が認められなかつたことは、本鋼板がステンレス・クラッド鋼板と同様の加工法でさらに厳しい腐食環境を要する各種容器などに利用できるものと思われる。

文 献

- 1) INCO, Technical Bulletin. (T-7), p. 10
- 2) たとえば INCO, Handbook of Huntington Alloys

469.002.3

(225) 最近の材料競合の技術史的意義

アジア経済研究所 ○黒岩俊郎

Historical Analysis of Today's Material Competition

Tosiro KUROIWA

1. 緒 言

最近、一般機械、自動車、家庭用電気製品、建材などから日用雑貨にいたるまでの、材料におけるアルミニウム、プラスチックなどの新材料の進出が著しく、鉄鋼、木材など既往の材料が置換されつつある。また一部には材料革新の時代といわれている。この傾向は、わが国ばかりでなく世界的な傾向であり、このような材料置換はいろいろの面に影響するところが大きい。そこでその推移を客観的に把握し、その意義を分析することは、技術の立場、工学研究の方向づけの問題からもきわめて必要なことであり、本調査研究のねらいとするものである。

2. 産業革命前後

産業革命による機械生産がはじまるにつれ、おびただしい部品が生産されるようになった。アシュトン¹⁾は、産業革命の時代を「部品の洪水」の時代とよんでいる。

(1) 産業革命までは主として木材、石材などが主な材料に使われていた。ワットの蒸気機関のボイラーでさえ、主として木材が使われて一部重要なところに鉄の帯がかけられていたにすぎないし、また当時の主要な機械工作機械も、モーズレーの旋盤に鉄が全面的に使われるまでは大部分が木材であつた。

ところが 18 世紀末、ワットの蒸気機関の登場、鉱山の排水への利用、紡績機械の原動機への利用など、いわゆる機械による生産が始まるにつれて事情は急激に変わっていった。つまり人間が直接道具を振りまわしていた運動に代わって、原動機、伝動機、作業機という 3 つの機械要素を人間が使うという運動型態が発生し、それが基本的なものになっていった。こういう 3 つの機械要素が 1 つの動力機械によつて動くという機械生産においては、木材は、その強度、耐摩耗性、硬度において鉄鋼におとる点が弱点となる。だから機械生産が主要な生産になっていくにつれて新たな材料への要求がますます盛ん

になつていつた²⁾。

(2) こうした要講をうけて発達したのがパドル法であつた。パドル法の誕生は、産業革命の材料的基盤を確立したものとされる。そしてこの年代に、始めて製鉄技術と自然科学とが結びついたのである。

3. 19世紀後半から20世紀始めにかけて

(1) 産業革命前後に発明された蒸気原動機が、やがて19世紀後半になると、汽船、汽車というような産業領域をみつけて発達していつた。そのことから従来よりはるかに大量の工業材料を必要としてきた。

1800年代の後半には、一方、新たな原動機として内燃機関が開発されていつた。1860年、ルノール、実用的ガス機関製作、1885年、ベンツ、三輪の自動車を開発、1893年ディーゼル、ディーゼル機関発明などがそれである。

蒸気機関においては、シリンダ内部に蒸気が入り出るだけであるが、ボイラを必要としない内燃機関においては、シリンダ内部における燃料の燃焼をともしなう。

このような高速内燃機関は、材料に対し高度の要求をなすことはもちろんである。また、工作機械、巨大な汽船、鉄道の発達も新たな材料をますます要求するようになってきた。

(2) こうした要請を受けて材料技術にも重要な発展がおこっている。すなわち、ジューメンス法、トーマス法、ベッセマー法による溶鋼の大量生産が可能になつたことである。

この結果、1870～1880年代では、鋼は鉄の約1/100の生産量にすぎなかつたのが、1910年には、鋼は鉄の生産量を追い越すにいつた³⁾。

(3) より強い鉄鋼材料を開発するために、この年代には自然科学がより積極的にとり入れられた。

一般に現在の冶金工学といわれているような内容の萌芽は、1850年から1900年の間にあらわれた。たとえば

(イ) 分析技術

1846年、マルゲリット、 $KMnO_4$ によるFeの定量。1850年、ゾンネンシャイン、鋼材中のPの定量。1860年、ウルグレン鋼材中のCの定量。1879年、ウォルハート鋼材中のMnの定量。

(ロ) 組織的研究(金相学)

ソルビー、鋼の研究に始めて顕微鏡使用、1878年、マルテンス状態図。

(ハ) 熱処理

1891年、チェルノフ、鋼の熱処理法の発見

(ニ) 高温測定

1868年、ルシャトリエの光学的高温計

と、ほぼこの年代に古典的な冶金工学の基礎は出そろつている。また現在使われている材料試験法も、ほぼこの年代に成立している。(始めて材料試験機がつくられ設置されたのは、この年代、クルップにおいてであつた⁵⁾。抗張力、硬さ、衝撃値というような材料の機械的性質の概念がすこしおこれて19世紀後半から20世紀始めにかけて出そろつていつた。) こうした冶金工学がいずれも1800年のドルトンの原子模型の確立とそれとともに原子量、原子価などの当時の近代科学に立脚した工学であつた。

鉄から鋼への転換に、この冶金工学の形成が非常に大きな役割を果たしていつたのである。

以上のように、材料の発達は

a) 常に材料を使う側の産業と技術の発達とからみあつており、ユーザー側の要請を受けて材料が発達していること、材料の発達が機械産業や技術の発達の前提条件になつている関係がみられる。

b) 材料技術の発達に自然科学の発達とがからみあつており、この関係は歴史的にますます密接なものになつてきている。

4. 現代の材料競合の技術史的意義

(イ) 現代は、19世紀後半から20世紀始めにかけて開発されていた機械技術(内燃機関、電動機技術……)が、第1次、第2次世界大戦の軍用という形で成長が促進され、戦後には、産業的に自動車工業、航空機工業などに定着していつた。特に戦後、自動車の著しい普及にみられるごとき、大衆の消費財機械の発達したことはこの時代の一つの歴史的特徴といえる。このことは従来の生産財機械の場合と違って、より大量の、より加工性容易の、よりコストダウンの材料、という要請を生んだ。

(ロ) 一方現在では原子力機関、ロケットエンジン、ガスタービンがすでに開発され実用化されているか、あるいは開発途上にある。

ガス・タービンの場合、その材料に対する要求はさらに一段と高度になる、すなわち内燃機関とはちがひ、熱エネルギーを一そう高温のガスの運動エネルギーに転換し、さらにこれを機械の仕事に転換するのだが、この際タービンの静翼と動翼は、高速の高温ガス中で高速で作動する。内燃機関においては、作動は静的で間歇的であるのに対し、ガス・タービンの場合は動的、連続的に高温ガス流にさらされるからである。

このように新たな原理の機械はよりシビアな材料の開発を要求してくる。一般に機械がますます高温、高圧化、大型化、高速化、精密化を続けていることから、それぞれシビアな材質的要求を出してきている。

(2) こうした要請をうけて、材料の生産技術が発達していつた。

20世紀にはいつたの特徴は、鉄鋼分野の生産技術も進歩したが、しかしそれ以上に高分子生産技術やアルミ精錬技術に自然科学を一步先んじて取り入れ進歩したことである。

とくにそれが、両世界大戦中のアウタルキー経済のために、限られた自己の勢力圏内から、必要な資材とくに戦略物資を調達しなければならぬという要請が加わつた。非鉄の分野におけるゴム、石油などの代替品の開発が、国家の絶対的な要請のもとに研究されていつた⁶⁾。こうした技術の蓄積が戦後プラスチックとして花ひらいたものである。

一方、最近の鉄鋼分野においては、20世紀自然科学の成果を意識的に取り入れる努力が、とくに転位論研究、磁性材研究などを中心に進められている。

現にこうした研究のたかまりは、あたかも19世紀後半における冶金工学の形成にも比すべき動きであり、19世紀のそれを古典冶金工学とするならば、現在のそれは新冶金工学の形成とも呼ぶべき勢いですすんでいる。

Table 1. The history of material competition.

	Machine (ex. prime mover)	Material	Science
Industrial revolution (Wood→Iron)	Steam engine, Watt	① Paddle process ② The beginning of charcoal use for iron-making	The discovery of oxygen (1771)
1850~1900 (Iron→Steel)	① Highly-development of steam engine (ex. steam-ship, locomotive) ② The development of inner-combustion engine (ex. Benz(1885), Diesel(1895))	① Molten steel-making process (ex. Siemens, Thomas, Bessemer etc.) ② The build-up of metallurgy (ex. Sorby, Martens)	① The advocacy of "the model of atom", Dalton ② The formation of the conception about atomic weight, atomic-number etc.
1900~ (Rapid increase of alloy steel, aluminum, plastics, and raremetals)	① Highly-development of inner-combustion engine (ex. automobile, air-plane etc.) ② The development of new engine (ex. atomic engine, gas-turbine, rocket etc.)	① The development of new material (ex. plastics, aluminum, titanium etc.) ② The build-up of "Material Science" (ex. dislocation theory etc.)	① X-ray, Roentgen(1895) ② Quantum mechanics, M. Plank etc. ③ The high-molecular science, Schtaudinger (1920)

From T. KUROIWA : Material Revolution, Diamond Press Co.

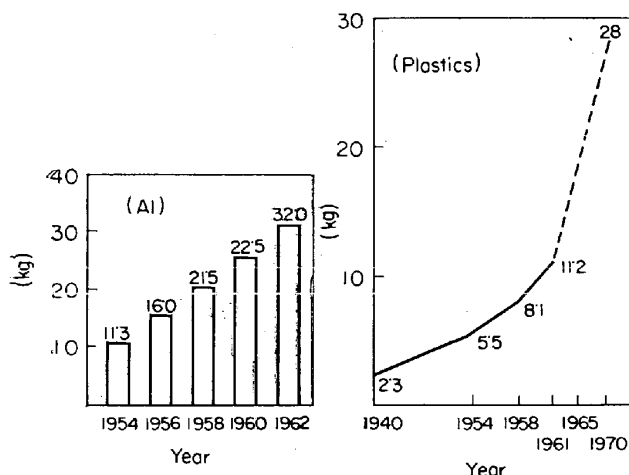


Fig. 1. The increase of aluminum and plastics uses. (per auto. in U.S.)

(3) 将来は、鉄鋼とそれに競合するプラスチック、アルミの競合関係がいろいろの分野で進展することが考えられる。

その場合、鉄鋼側にとって重要なことは、これまでの分析で明らかごとく、プラスチックやアルミは、20世紀自然科学の発展の結果、誕生した材料であること、換言すれば、プラスチックやアルミは自然科学の有効性を生み出した当所から知っている材料であること、それに反して鉄鋼は、長い歴史の経過の中で、経験の蓄積によつて生産されてきた傾向のつよい材料であるということである。

しかしまた格子欠陥のない鉄鋼は、きわめて高い機械的強度を持つている本来恵まれた材料なのである。

プラスチックやアルミとの競争に勝つためには、このような恵まれた鉄鋼材料の中に潜んだ性質を開発することである。それには、近代物理学の成果を、より意識的に適応することが必要である。

5. 結 言

以上最近の材料競合の技術史的意義を分析してきた。すなわちそれは、鉄鋼が当然しめるべき分野に、アルミ、プラスチックなどが急増してきたという現象の背後には、材料への需要の変革、生産技術の変革、その他産業社会の変革などを伴う構造的な変革なのである。

鉄鋼技術の立場から、こうした変革を正しくとらえ、今後新製品開発や技術、研究開発体制の方向づけに役立つなければならない。

文 献

- 1) Allen G. GRAY: Metal Progress, Vol 84, No. 4 および黒岩: 材料革命, (1964)ダイヤモンド社
- 2) 科学技術庁資源局資源統計課資料第8号, 日本機械工業と鉄鋼材料の諸問題, (1961), p.10
- 3) 同上, p. 11
- 4) 同上, p. 11
- 5) Dr. H. KALLEN: Stahl u. Eisen, 25(1860), 8 Dezen, p. 1866
- 6) 黒岩: 資源論, (1964), p. 79, 勁草書房

669.162.3

(226) たたらの衰退過程

アジア経済研究所 ○黒岩俊郎
About Decade of "Tatara"

Tosiro KUROIWA

1. 緒 言

鉄鋼技術の動向の中での、古来の「たたら技術」,それをいかに評価し、また何を学ぶべきかは日本の鉄鋼技術者に課せられたいつも新しい課題である。たたら衰退の過程は、われわれに対しこれからの鉄鋼技術の方向を考える場合のいろいろの教訓を含んでいるように思われる。本研究はこうした意図から出発したものである。たたらが最も盛んであつたのは安政年間、中国地方においてであり、当時、同地方だけでも砂鉄製錬工場数がおよ