

談話室

中国の熱処理技術について

大和久 重 雄*

日本は目下、工業関係、文化関係、その他あらゆる方面において中国フィーバーである。この点、熱処理工業も例外ではない。筆者は1981年以来、計4回中国に熱処理技術の指導、調査にでかけている。殊に1983年上海における第3回国際熱処理会議(ICHM)並びに第1回 HEATEX '83(上海市)は中国の熱処理にかける心意気を示すものとして感服させられた。引続き1985年第2回 HEATEX '85(沈陽市)が開催され、その熱意には目をみはるものがあつた。

以下、中国の熱処理技術の現状について報告する。

1. 中国熱処理技術の概況

1982年の統計によると中国には熱処理技能者が約1万人、研究技術者が数百人いるといわれている。現在、研究開発に取り組んでいるテーマの大略を示すと次のようになる。

(1) 浸炭、浸炭窒化

大型自動車工場や大型機械工場では連続ガス浸炭、中小型工場では滴下式浸炭が行われている。小型工場で行われていた液体浸炭は公害のため滴下式に移行しつつある。また固形浸炭剤ガス浸炭も最近実用化されている。滴下式浸炭は灯油によるものが多く、メチルアルコールによるものは少ない。なお、浸炭窒化も行われている。

(2) 真空熱処理

1970年の初めに真空油焼入炉と真空浸炭炉が外国から輸入され、1970年の終わりにはこれが中国で製造されるようになった。現在、真空連続炉を建設中で、これは小型ベヤリングレースの光輝焼入れに利用する予定である。真空浸炭も利用しているが、すすの問題が未解決である。なお、真空焼入れと真空浸炭については研究すべき問題が残されている。

(3) 高周波焼入れ

高周波焼入装置が中国に導入されたのは1950年の初期で、主としてギヤ、シャフトの表面焼入れに応用されていた。最初は真空管式(220 kHz)と発電機式(8~2.5 kHz)であつたが、大物(径500 mm ローラー、径1000 mm プランジャー)用として、1960年に50 Hzが使われるようになった。1970年代には径610 mmのローラーの焼入れ用として50 Hzの特殊な装置が利用され、その性能は優秀であつた。さらにギヤなどの高周波焼入れを均一に行い得るように1960~1970年にサイリスタ方式が採用されることになった。また、同時に超音

波焼入装置(20~40 kHz)も開発された。目下、高周波浸炭や高周波窒化を研究中であるが、実用化には到っていない。

(4) 浸硼処理

1950年代に浸硼処理が研究された。当時は液体浸硼や電解浸硼が一般的であつたが、ペースト浸硼も行われた。これらの方法は油井用穿孔機の耐摩耗部品に偉力を発揮した。また、液体浸硼はコールドパンチやダイの延命策に長い間採用されていた。最近粉末浸硼が研究されている。硼化層の精密研削の問題も解決されたので、粉末浸硼を油インジェクターの摩擦部品に適用している。また、イオン浸硼(プラズマ硼化)も研究されている。硼化層のぜい化を防ぐために浸硼と同時に他元素を浸透させる方法やレーザーを使つて共晶組織を作らせる方法を研究中である。

(5) 窒化と軟窒化

1950年代にガス窒化が開発され、機械部品に適用された。1970年代にはイオン窒化が開発され、この装置が自製されて、目下1000セットも稼動している。その最大容量は500 Aで、これは油井用ドリルに適用されている(放電時間 5×10^{-6} s)。イオン浸炭、イオン浸炭窒化設備も開発されている。また、イオン窒化装置に陰極を追加し、二層法を研究している。なお、窒化層の組織と性質との関連性についても研究中である。

無公害のソルト軟窒化も1960年代に開発され、バルブやダイス類の熱処理に応用されている。その後、滴下式のガス軟窒化も広く使われており、メチルアルコール+アンモニア、ユリア+エチルアルコール、アンモニア+空気などを使用する。この方法はダイスや球状黒鉛鋳鉄製クランクシャフトなどに適用されている。

(6) 電解浸硫

低温浸硫法(電解式)が1970年代に中国で研究が開始され、減摩部品用に応用されている。現在、自動連続法が行われている。

(7) 多元素浸透法

C-N-S-O-Bなどの多元素浸透法が研究開発され、カッターその他の工具の延命に効果をあげている。

(8) 金属セメンテーション

浸Cr法が1960年に工業化され、熔融Alめつき法が石油工業、原子力関係の加熱チューブや耐S性、耐酸化性部品に応用されている。その他、希元素を添加するとさらに性質が向上する。熔融Znめつき、VセメンテーションWセメンテーションなども研究されている。

(9) 蒸着法

CVD(化学蒸着)法(TiC, TiN)が1960年に開発され、高速度鋼の表面硬化に適用され、続いてPVD(物理蒸着)装置が開発された。

(10) 加工熱処理(TMT)

高温TMTが内燃機関のコネクティングロッドやシャ

* (社)日本熱処理技術協会 工博

フトの製造に応用されており、板ばねや高速度鋼にも適用が研究されている。

(11) 高熱エネルギーの利用

CO₂ レーザー (2 kW) 熱処理がシリンダスリーブ、ピストンリングの表面硬化に利用されており、電子ビーム熱処理は目下研究中である。また、太陽熱利用の熱処理が実験室的規模ではあるが、高速度鋼ドリルやカッターの焼入れに研究されつつある。

(12) 焼入液

焼入液の冷却速度測定装置 JST-1 を開発し、これによつて種々の焼入油、CaCl₂ 飽和溶液、PVA、PEG (ポリマー焼入液) などの冷却能を比較試験し、実際の使用に役立っている。

(13) 流動床炉

グラファイト粉末を使用する流動床炉が低コスト、環境保全用として実用されている。また、アルミナ粉及びこれをプロパンと空気中で流動させる炉が工具、ダイス類の熱処理に使用されている。さらに流動床炉による TCT (熱化学処理) が研究されている。

(14) 物理冶金の熱処理への応用

1950 年以来、Mo, Si, Mn など中国産の元素を使用して鋼の等温変態や焼入性に及ぼす影響を研究し、さらに微量元素 V, Ti, Nb, B などの影響を検討し、焼入性のよい低合金鋼を開発した。次は 1950 年後半に低エネルギーの繰返し衝撃試験法を開発し、焼入れした構造用鋼の耐衝撃性を試験した結果、従来の高エネルギーの一発衝撃試験よりも多くの機械部品の使用実績と密接な関連性があることがわかった。この結果、機械部品が耐衝撃性を保持するためには低温焼もどしが優位であることがわかった。また低 C マルテンサイト (ラスマルテンサイト) がよいことも判明した。

ベイナイトの研究も盛んに行われ、Mo, V, Ti, Nb を含む鋼はベイナイトが得られやすく、粒状ベイナイト (低 C の圧延鋼や焼ならし鋼に現れる) の研究を強力に進めている。また、低 C 合金鋼の低温焼もどしぜい性の原因と機構について詳細に研究した結果、Si の影響が興味あることがわかった。

高エネルギーによるオーステナイト化、急速加熱焼入れ、急熱焼もどしなどの研究、TCT による拡散層の組織の解析、AE によるぜい性の検討、塑性変形オーステナイトの静的及び動的再結晶と機械的性質との関係、加工熱処理 (TMT) と調整冷却との関係などを研究中である。

(15) 刊行物

1963 年に熱処理協会が中国机械工程学会の下に設立され、現在は会員数約 2000 人、4 年に 1 回大会を開催する。金属熱処理、金属熱処理学報を発行している。また、熱処理手冊 (第一分冊～第四分冊) 及び冶金学辞典 (七国語文対照) がそれぞれ刊行されている。

2. 国際会議及び展示会に見る中国熱処理技術の一面

2.1 国際会議

1983 年 11 月 7～11 日、第 3 回国際熱処理会議 (ICHTM) が上海で開催され、同時に第 1 回 HEATEX '83 (展示会) が併催されたのである。国際熱処理会議は国際熱処理連盟 (IFHT) が隔年に開催する国際会議である。中国は 1981 年に加入したが、熱処理界では先輩格の日本や西独をさしおいて第 3 回国際熱処理会議を開催したことについては、それなりの熱意と意欲が窺え敬服のほかはない。ちなみに第 4 回は 1985 年 6 月に西独ベルリンで開催され、日本は第 8 回 1992 年に予定されている。

第 3 回の上海会議は上海工業展覽会場で開催 (写真 1, 2 参照) されたが、参加者は 260 名 (内中国人 100 名) で、講演発表数 73 論文 (中国 18, 日伊各 6, 米 5) である。開催当事国という関係もあるが、中国の熱意のほどが察せられる。中国の発表論文の内容は一般熱処理 9, 浸炭, 窒化 5, 金属被覆 2, 高エネルギー関係 2 である。品質管理 (Q. C.), 省エネ熱処理, 自動化などの発表論文が見当たらないのはさすがに人口大国だけのことはあると思われる。



写真 1 第 3 回国際熱処理会議会場正面



写真 2 開会式セレモニー

2.2 展示会

第1回 HEATEX '83 が上海展示会場で、国際会議と並行して開催された(写真3参照)。これは主として熱処理設備に関するものが多く(75件)、それも実演が少なく、ポスター式のものが大部分である。実物展示は中国製品が多く、日本の展示はわずか3件であった。展示会は規模的にも内容的にもいま一步の観が強かつたが、各ブースともカタログが飛ぶようになっていくのを見ると、中国ではいかに情報に飢えているかが窺える。

第2回 HEATEX '85 は遼寧省沈阳市の工業展覽館で1985年10月10～16日開催された(写真4参照)。HEATEX は熱処理、鑄造、溶接技術と設備の展示という

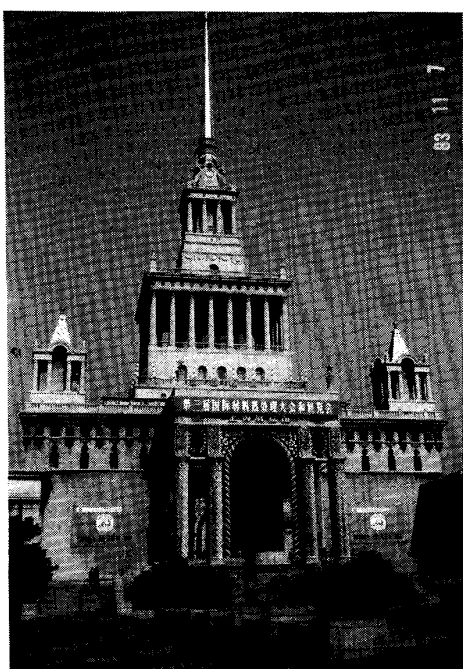


写真3 HEATEX '83 展示会場

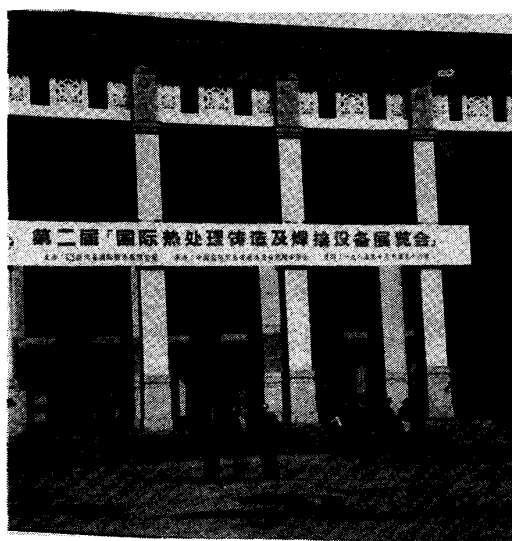


写真4 HEATEX '85 展示会場



写真5 HEATEX '85 展示会の内部
(伊太利のブースが多い)

振れ込みである。HEATEX '85 には 54 社が展示しており、そのうち伊は 16 と最も多く、米 11、西独 8、日 6 の順になつている。伊の展示が最多というのは伊国对中国に対する熱意の現れとも受け取られ意外の感があつた(写真5参照)。またこの展覧会でもカタログや印刷物の奪い合いが見られ、日本のブースではカタログが無くなつてしまうという状況であつた。

ちなみに第3回 HEATEX '87 が1987年9月に北京で開催される予定である。

3. 実地調査した中国熱処理技術の実態

筆者が訪問し、実地に見聞した熱処理関係の工場は表1のごとくである。これらを総括的に、強く印象づけられた事項について述べることにする。

まず驚かされることは土地が広大で人口も多いので、各工場ともスケールが大きく(写真6参照)、従業員も1000名を越えることである。工場内へ一歩足を踏み入れると人があり余つているという感じである。そのために Material handling が悪く、自動化や連続化、つまり省力化がほとんど考慮されておらず、man to man 方

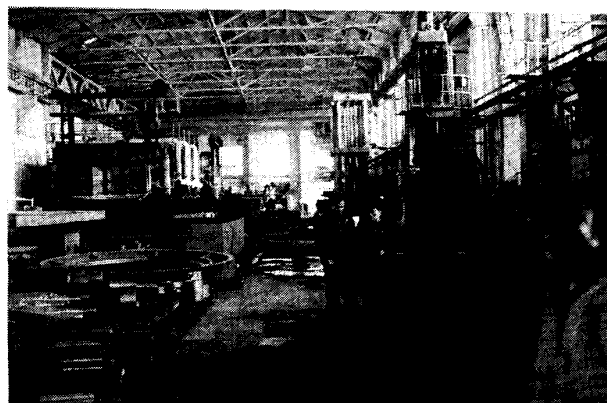


写真6 沈阳重型机械厂的熱処理工場

表 1 訪問した熱処理関係工場とその内容の一例

市	訪問工場	従業員数	内 容 (一 例)
沈阳	沈阳第一机床厂 (1981 年) " (1982 年) " (1983 年) " (1985 年)	7500	旋盤ベッドの焼入れ, ギヤのガス浸炭, イオン窒化, 工作機械部品の高周波 焼入れ
	沈阳重型机器厂 (1981 年) " (1983 年)	12000	大型機械部品, ロール, ギヤなどの焼入れ径 10 m の焼入れタンクの設備あり
	沈阳標準件工場 (1981 年)	4000	ボルト, ナット, ワッシャーの焼入れ, 工具の焼入れ, ソルトバス熱処理
	沈阳市量具刃具厂 (1982 年) " (1983 年)	1400	SKH ドリル, カッターのソルトバス焼入れ, PVD, CVD 試験中
	沈阳冶金机械工場 (1982 年)	4000	冶金, 鉱山設備の焼入れ, 大形ギヤの油中高周波焼入れ
	沈阳汽車齒輪厂 (1985 年)	3000	自動車用ギヤの焼入れ, ソルトバス焼入れ, 滴下式浸炭
	沈阳水原厂 (1985 年)	5000	ポンプ部品の熱処理, イオン窒化, ソルトバス, 黒染め
撫順	撫順控掘机厂 (1982 年) " (1983 年)	6000	パワーショベル部品の熱処理, 鋳鋼ギヤの焼入れ, シャフトの高周波焼入れ
北京	北京量具刃具厂 (1981 年)	2400	SKH ドリル, カッタ のソルトバス焼入れ, ノギスの高周波焼入れ
	北京第一机床厂 (1981 年)	7800	フライス盤, 旋盤の振動式応力除去, 滴下式浸炭, 高周波焼入れ
	北京齒輪總公司 (1982 年)	4400	ギヤの焼入れ, 滴下式浸炭窒化, 雰囲気炉熱処理
	北京重型机器厂 (1985 年)	7300	機械部品の石炭ガス台車炉熱処理, 高周波焼入れ, ソルトバス焼入れ
上海	上海熱処理厂 (1982 年)	280	高周波焼入れ, 真空炉焼入れ, イオン窒化, ソルトバス熱処理
	上海機械製造 工藝研究所 (1982 年) " (1983 年)	800	真空熱処理, 真空浸炭, イオン窒化, レーザー焼入れ, CVD, PVD, スパッタリング, その他いろいろな熱処理方法を研究, 開発している
	上海工具厂 (1983 年)	3800	各種工具類の熱処理, ソルトバス熱処理, 真空炉熱処理

式で, 手から手へ渡される式である. 能率向上には今一步の観がある. また, 公害に対する配慮と品質管理には関心が余り強くないことが窺える. しかし, 省資源, 省エネルギーに関しては日本と同様強い関心を示していた.

また, 一般に技術的レベルは上海側が高く, 沈阳側が低く, いうなれば南高北低型である. 上海における国際熱処理会議の中国側の研究発表や上海の研究機関の設備及び研究内容と東北地方の現場熱処理技術とを比較してみると, その技術的格差が余りにも大きいように思われる. 地方の現場熱処理技術は開発途上国のそれと余り大差がなく, これからの研究努力が強く望まれる点である. この格差の大きいのは土地の広大なことにも起因するが, 文化大革命の影響も見逃せないような気がする.

工場視察のあと, 質疑応答やら技術交流を行つたが, その中でいつも最初に出てくる問題は滴下式浸炭についてである. 中国の滴下式浸炭は灯油によるものであつて, メチルアルコール系ではない. このために, 浸炭結果に均一性がなく, 問題解決に苦慮していた. 写真7は灯油滴下式浸炭炉の外観を示すものである. 灯油滴下式浸炭の問題は日本でも検討してその解決策を与えることが焦眉の急である. 浸炭でもう一つ困っている問題は真空浸炭におけるすすの発生と除去である. これも早期の解決が望まれている.

また, 大型ギヤの浸炭焼入れや高周波焼入れによる焼ひずみが頭の痛い問題になつている. このため沈阳の治

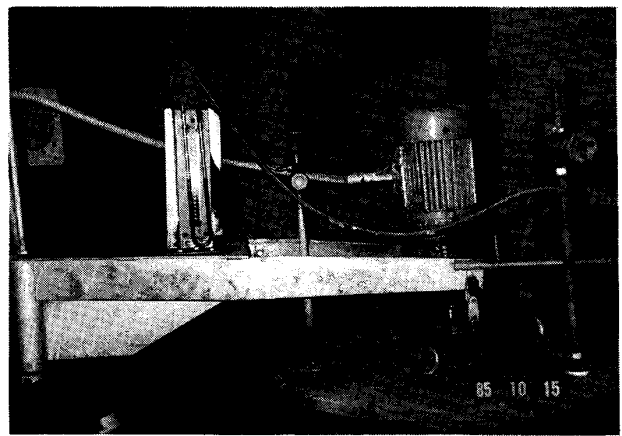


写真 7 灯油滴下式浸炭ピット炉

金機械工場ではギヤを油中に浸漬して一歯ずつ高周波焼入れしていたが, これはなかなか興味あるテクニックであつた.

金型の焼入れとクレーン対策にも関心が深く, 盛んに質疑応答が行われた. また, ドリルの CVD や PVD についても熱心な質問があつたが, これは上海の工藝研究所と情報交換するほうが手取り早く良策ではないかと思われた. 研究所と現場との密接な情報交換が必要である.

中国ではパテント制度がなく, 日本のパテント的ノウハウを知りたがつており, また日本の文献に現れた新技術をそのままトレースする傾向が強くなり, うまくいかない

ので、その詳細の発表を迫られるといったケースが少なくなかった。詳細はノウハウのため、パテントライセンスの問題である旨を説明すると不可解な態度を示すのが印象的であった。

しかし、国土、人口、資源、国民性（粘り強さ）から見て中国の熱処理技術は大いに将来発展するものと思われる。現にわずか2年前（1963年と65年の比較）とくらべると、自動車の数、テレビの普及度、アパートの数などはものすごく増しており、目を見はるばかりの進捗ぶりである。その底力と確実な歩みとを併せ考えると、

将来驚嘆するものがあると思われる。今後は日中交友のためにも技術交流を盛んにすることが望ましい。

参考文献

- 1) Report of American Society for Metals Industrial Delegation to People's Republic of China (ASM 編) (1981)
- 2) Heat Treatment Institution of Chinese Mechanical Engineering Society (Heat Treatment in China 編) (1982)
- 3) 大和久重雄: 熱処理, 24 (1983) 4, p. 237