

No.



昭和 63 年 度

# 帰国研修員フォローアップチーム報告書

— 金属表面改質技術集団研修コース —

平成元年 3 月

国際協力事業団  
名古屋国際研修センター

名古屋

J R

89-3

国際協力事業団

19196

JICA LIBRARY



1073881C31

19196

# 目次

1	はじめに	1
2	フォローアップ事業の概要	2
	(1) 対象コース名	2
	(2) 対象国	2
	(3) 期間	2
	(4) チームの構成及び業務分担	2
	(5) チームの目的	3
3	本コースの背景	3
4	調査項目・方法	4
5	指導内容・方法	4
5	指導計画書	5
7	調査T/R	6
8	日程	7
9	タイ国	8
	(1) タイの表面処理工業について	8
	(2) タイの排水規制値	9
	(3) 青山泰有限公司	10
	(4) 主な訪問機関	11
	1) DTEC	11
	2) タイ国科学技術エネルギー省科学サービス局(DSS)	11
	3) モンクット王工科大学(KIMIT)	12
	4) 金属加工機械工業開発研究所(MIDI)	13
	5) 同上JICA調	15
	6) DSS 組織図	17
	7) KIMIT 組織図	18
	8) TID 組織図	19
10	中国金属表面技術の現況調査報告	20
	(1) 電気メッキ技術	20
	(2) 無電解メッキ技術	21
	(3) 溶融メッキ技術	22
	(4) 化成処理技術	22
	(5) 塗装鋼板技術	22
	(6) 現在の問題点	22
	1) 電気メッキにおける添加剤開発と製造	22
	2) 公害問題	22
	3) 自動化と設備の改良	23
11	セミナー資料	24
12	現地報告書	53
13	面接者記録	61
14	帰国研修員一覧表	65
15	訪問機関・面接者・帰国研修員等写真集	70
16	総評	96



## はじめに

この報告書は、国際協力事業団が実施した金属表面改質技術集団コース（金属表面処理コース）に参加した帰国研修員に対するフォローアップ事業の一環として、帰国研修員の所属機関等を訪問し現地での技術指導を行うとともに、あわせて、わが国で実施した研修の成果を測定し、もって、当該研修分野に係る当該国の技術的問題点及びニーズを把握するため、平成元年3月9日から同3月18日までの10日間タイ国中国の2ヶ国に派遣したフォローアップチームの報告をとりまとめたものである。

本報告書により、当該分野における各国の実情、帰国研修員の活動状況、彼らが抱えている諸問題及び研修にかかる要望事項等について関係各位のさらに深いご理解をいただき、今後の研修コースの改善に資すれば幸いである。

なお、本件の実施にご協力を賜った外務省、名古屋大学、愛知県工業技術センター愛知工研協会及び現地において、数々のご指導、ご協力を賜った在外公館ならびに関係諸機関に深甚の謝意を表したい。

平成元年3月

研修事業部長

## 2. フォローアップ事業の概要

### (1) 対象コース名

金属表面改質技術集団研修コース

### (2) 対象国

タイ国、中国

### (3) 期 間

平成元年3月9日～平成元年3月18日(10日間)

### (4) チームの構成及業務分担

団 長

名古屋大学工学部

教授

沖 猛 雄 (工博)

(団長 兼 技術指導)

団 員

愛知県工業技術センター

加工技術部 主任研究員

野 口 裕 臣

(技術指導)

団 員

国際協力事業団名古屋国際研修センター

竹 内 寛 治

(調整業務等)

### (5) チームの目的

本チームは『帰国研修員フォローアップチーム派遣要項』に基づき、タイ国及び中国の金属表面改質技術集団研修コース帰国研修員及びその所属機関、ならびに当該国の技術協力窓口機関を対象に、帰国研修員の活動状況、日本での研修効果の測定、当該国の金属表面改質技術の水準、所属先の現状と技術的問題点、当該国の研修に対するニーズ等を調査し、今後の研修プログラム及び帰国研修員のフォローアップ等、本コースの改善に資する。

また、所属先の現状と技術的問題点に関し、改善可能なものに対して助言をするとともに、帰国研修員等金属表面改質技術分野の関係者等に対し、わが国の最近の当該分野の実情についての技術セミナーを実施し、訪問国に対当該分野の開発・発展の一助となることを目的として派遣されたものである。

### 3. 本コースの背景

輸送機器、家庭用電気機器、建築用金具を始めとする各種工業用機器の高品質化および耐久性の向上並びに金属の莫大な損失源となっている錆を防ぐための表面改質は近年エレクトロニクス、ハイテク産業、宇宙産業等において、益々重要となっている。

本コースは、生産現場および試験研究・教育機関の技術者を対象として、電気めっき、陽極酸化、金属着色、蒸着、塗装を含め排水処理等の研修、さらには近年著しい科学技術の進歩に対処するために、表面硬化、表面強化、太陽熱吸収板表面改質、プラズマ改質、電子部品表面改質、金属の非金属化等が重要テーマとなっているおり、無排水処理、資源循環処理等をも含め、愛知県工業技術センター、名古屋市工業研究所、愛知工研協会ならびに多数の関係機関・各位のご協力により、かかる諸問題を勘案して研修を実施している。昭和63年度現在帰国研修員の累計は26ヶ国152名CP、再研修を除く)その中、タイ20名(関係諸国で最多)中国8名(近年連続して参加)であり両国とも本分野研究開発のために極めた熱心である。先端技術指向も近年出始めており、コース編成に大きなヒントが得られると思われフォローアップの国に選定、実施された。

#### 4. 調査項目・方法

調査項目・方法として英文Questionnaire(内容後述)を事前に現地へ送付し回答を得る方法と現地で面談等による方法、ならびに研修員在日中にカントリーレポート等より入手した情報をも考慮し実施された。

#### 5. 指導内容・方法

指導内容・方法として、現地でのセミナー(英文セミナー資料後述参照)を実施し、また訪問先において質疑応答の時間を設け実施された。

タイ国においては、本コース帰国研修員及び関係者の計約35名の出席を得、JICAプロジェクトである機械金属工業研究開発センター(MIDI)の講堂において、MIDI 所長Mr.Damriの会開挨拶のもとに実施、帰国研修員等質の高い質疑応答がなされた。

一方中国においても、中国鋼鉄研究総院において、冶金工業事業部外事司処長千立氏の会開挨拶のもとに実施、本コース帰国研修員及び関係者の計約25名の出席を得、約2時間のセミナー後約1時間極めて活発なる質疑応答がなされた。



6. 金属表面改質技術コースフォローアップチーム技術セミナー指導要綱計画書

講義(指導)項目	概 要	当該技術項目の当該国の状況	配布資料	時間配分	担当者	使用機器等
1. 近年の金属表面改質技術の進歩について	<p>機械金属、電子機器、等々産業の発展の重要な役目を果たしている金属表面改質技術はその国の近代化に不可欠のものである。</p> <p>本チームは、わが国における当該技術の発展を総説し、また近年産業における科学技術の新しい発展、ハイテク産業の到来等に起因するわが国の対応、将来の技術等について講演をした上で、質疑応答を実施する。</p>	<p>中国においてはわが国の情報、文献等かなり入手されている様子であり、また帰国研修員はその国のトップレベルの試験研究機関等に從事しており、当該分野における関心は非常に高いものがあると思われる。また、一方、タイにおいても、帰国研修員の所属先機関は当該国随一であり、その国の大手企業等を指導していると思われる。中国同様関心が非常に高いものがあると思われる。したがって本チームは理論面及び実務面の両面による専門家構成がなされている。</p>	コピー持参	約45分	仲 野 口	スライド・プロジェクター使用 一コマ式
2. 近年の金属表面改質技術の産業界の対応について	<p>同上、産業界の立場からその対応等について講演し質疑応答を実施する。</p> <p>最新技術・情報の習得は不可欠となっている。本チームはかかる世界情勢における、わが国の過去から現在の過程および今後の見通し等について講演をした上で質疑応答を実施する。</p>	同上	コピー持参	約45分	同上	同上

7. 金屬表面改質コース フォローアップチーム 調査工／果

項目	当該項目に関する既知事項	調査事項	調査対象	調査方法	調査結果
1. 候補者の募集・選考等について		1. 全般的な選考プロセス 2. GIの優先 3. 日本の研修に対する評価 4. 他先進国による研修の実状と日本との比較 5. 当該コースへの要望	関係機関	面接	阿国とも首都圏中心を置き、地方とのバランスを考慮の上適任者の選考をしている。 阿国とも当該分野の中心的指導、研究機関を選定している。 阿国とも受入人数の大幅な拡大を期待している。 先端技術を導入した表面改質技術の研修は他の諸国において現時点では比較するものがない。 中国のみの本集団研修を期待、MIDIに技術的バックアップを今後も期待している。
2. 技術水準等について	カントリレポートの分析	1. 技術水準(適正技術か?) 2. 問題点 3. ニーズの把握	関係機関	面接	阿国とも先進技術を導入した表面改質技術の研修に合致している。 阿国とも鋼鉄総院に表面改質部の新設計画中、タイでは、MIDI、MMIT等活発である。
3. 研修員の動向及び適用度の測定について	ファイナリレポートの分析	1. 現在の仕事と職位 2. 日本で習得した技術・知識の適用度 3. 適用に障害となっているもの 4. 日本での研修コースの意義 5. 日本での研修コースで最も役立っているもの 6. フォローアップ事業に関する要望	研修員 質問表	面接 質問表	地位の向上、及び実践的に活躍中である。 阿国とも当該分野のニーズは極めて高く各種技術・知識を適用している。 先端技術の導入実施にあたり、機器等のための予算不足が見られた。 理論及び実践としての民間企業を大幅にプログラムされている点に評価が高い。 製品の品質の向上・公密防止等において、企業に対し指導している。
4. 日本への研修及びJICAへの要望等について		1. 日本への研修の意義 2. 帰国研修員についての評価と定着度 3. JICA研修事業への要望 4. 研修参加者選考基準	関係機関	面接	阿国とも日数を増加し地方にフォローアップを要望。 阿国とも当該コース以外へ上可、部下が参加しており、親目的でチームの任務遂行は円滑。 タイにおいては15名中1名米回国留学中、1名韓国、中国では全員在籍。 再研修(個別)の要望、技術文献・情報の長期提供 希望者が多く選抜に苦慮しているようである。
5. 英文所見		1. 派遣チームの目的と概要 2. 調査結果と所見 (1) 研修員のコメント (2) 関係機関の評価と要望 (3) 実施セミナーについて (4) チームの所見 (5) その他	技術窓口及び関係機関	JICA事務所を廻る	別紙参照 別紙参照 再研修(個別)の要望、技術文献・情報の長期提供 希望者が多く選抜に苦慮しているようである。 予定時間を大幅に超過。 面接者はタイにおいては、記録上49名、中国同44名で、非常に熱心であり、歓迎された。 別紙参照

国際協力事業団  
名古屋国際研修センター

8. 日 程

3. 9	木	名古屋 発 10:45 JL 645 バンコク着 15:20	Le Meridin President check in 山下タイ・マレアブル社顧問招宴 Sea-food-M.
10	金	表敬訪問、面接等	JICA事務所長にて日程打合せ DTEC表敬 日本担当官主任Mr.Achari 他に面接 科学省科学技術部訪問 Ms.Saipin 他に面接 科学省帰国研修員・船上招宴
11	土	面接等	モンクット王工科大学訪問Mr.Pornsak他に面接 モンクット王工科大学帰国研修員・招宴
12	日	資料整備、面接等	資料整備、日本企業（青山製作所社長）・専門 家に面接、青山社長・招宴
13	月	セミナー及び懇親会の実施	工業指導所訪問 Ms.Ratanaporn他に面接、金属 工業開発センター（M I D I）所長Mr.Damri他 帰国研修員及び関係者に面接、鉱物資源局 Mr. Dechana に面接同M I D Iにてセミナーの実施 チーム・招宴懇親会の実施、報告書提出、
14	火	バンコク発 10:50 TG614 北京 着 16:25	出国（中国へ移動） 華都飯店 check in
15	水	表敬訪問等	JICA事務所、国家科学技術委員会表敬 中国機械技術研究所訪問 Ms.Lee 他に面接 兆龍にて冶金事業部招宴
16	木	セミナーの実施	中国鋼鉄研究総院 訪問 Mr.Sen 他に面接
17	金	研修全般について討論 懇親会の実施	中国鋼鉄研究総院 北京電気総合研究所訪問 Mr.Tao 他に面接 国際倶楽部にてチーム・招宴懇親会の実施
18	土	北 京 発 15:20 JL786 大 阪 着 19:25 名古屋 着 22:08 新幹線	報告書提出、出国（帰国）

## 9. タイ国訪問

### (1) タイの表面処理工業について (概要)

表面処理工業を担当する政府機関は工業省であり、鉱物資源局と工業振興局の2局が対応している。研究、指導部門を持っており、金属表面処理の工程で生じた問題の解決にあたり、技術者の研修業務を行なっている。最近、後記するJICA経由無償援助で設立された同省所管のMIDIがめっき設備、担当者を備え、セミナーを実施し、地元でも期待されている。

国内に表面処理企業は350社ほどあり、うちバンコック市内には約180社ある。その主な企業は表にしめす10社である。

このうち大きなものとして、溶融めっきのThailand iron work co. と Thai long steel pipe co.の2社は資本金も他社と比較して大きく、従業員もやや多い。また、線材へのめっきを行なっている Plated ware industry も従業員規模が大きい。

めっき専業社で行なっているめっきの種類はニッケル-クロムめっき、亜鉛めっき、錫めっきが多いが、ほとんどの種類の表面処理が行なわれている。その対象は家庭用品、台所用品、自動車部品、電気部品、家具、装身具が多い。

硬質クロムめっきもロールやショックアブソーバー、シャフト向けに行なわれている。プラスチック上へのめっきやアルミニウムの陽極酸化も行なわれている。

ただ、日系現地法人の社長と話す機会があり、その話から想像されることであるが、自動車重要保安部品や高精度を要求される部品については、まだ日本製品を採用しているようである。この企業は後記するが、青山泰有限公司(従業員160名、日本人は社長、工場長の2名)といい、青山製作所の関連会社である。

熱処理会社もあり、真空熱処理炉を持ち、鋼、軟鋼、鋳物に浸炭、窒化を行ない、光輝焼鈍も行なっている。

表面処理工業に使用される原材料の供給業者の主なものに、次の2社がある。いずれもバンコック市内にある

1. UNION ENGINEERING CO., LTD.

2. S.P. CONSULTANT LP.

1.はシアン系、非シアン系の脱脂前処理剤、真ちゅう、亜鉛(シアン、非シアン)、銅、ニッケル、クロム、銀めっき、陽極酸化の薬材とめっき装置を販売し、2.は主に英国、米国からめっき資材を輸入販売するとともにコンサルタント業務も行なっている。

また、シンガポールにある日系のSHINTO KIZAI(S) PTE LTD もタイに入っている。ブラめっきから合金めっき、フィルター、整流器(千代田製)、研磨材あらゆるめっき材料を扱っている。

(2) タイの排水規制値を示す。  
 (工業省告示 No12, B.E.2525)

項目	規制値	参考値 (日本) 排水基準	環境基準
pH	5~9	5.8~8.6 (海域以外)	
COD	60 mg/L	160	
BOD	20	160	
硫化水素	1		
シアン	0.2	1	検出されず
重金属			
亜鉛	5	5	
クロム	0.5	0.5	0.05
砒素	0.25	0.5	0.05
銅	1	3	
水銀	0.005	検出されず	検出されず
カドミウム	0.03	0.1	0.01
バリウム	1.0		
セレン	0.02		
鉛	0.2	1	0.1
マンガン	5		
タール	0		
油分	5		
ホルマリン	1		
遊離塩素	1		

### (3) 青山泰有限公司の概要

会社名	青山泰有限公司 AOYAMA THAI CO., LTD.
住所	130 MU 11 SAMRONG TAI, PRAPRADANG SAMUTPRAKARN, THAILAND. 10130 TEL 3840894 , 3841809 FAX 3841810
創立	昭和40年6月
資本金	400万 (パーツ) 100%日本資本
代表者	青山光男
従業員数	160名
土地面積	8,000 m <sup>2</sup>
建物面積	4,000 m <sup>2</sup>
売上	7億円/年
取引先	現地 日系二輪車、四輪車メーカーすべて (トヨタ、ヤマハ、スズキ、ホンダ、日産、いすゞ、三菱、日野等) 他 家電関係、一般商社等
生産品目	二輪車、四輪車用パーツ (ジャッキ、ツール、ハンドル、スタンド、ステップバー、 イグゾーストパイプ、その他) ボルト、スクリュー等
品質状況	材料はすべて日本からの、輸入材使用 (新日鉄神戸) 1985年現地トヨタタイランド品質管理賞受賞

#### (4) 主な訪問先機関

##### 1) D T E C (DEPARTMENT OF TECHICAL & ECONOMIC COOPERATION) 日本課

訪問日：3月10日 午前

面談者：Mr. WUTHISIT VIRIYASIRI (課長)

Mr. THAVEESIN YENPIAM

他1名

##### (概要)

この担当は、JICA研修業務の窓口となっている。

日本のこうした援助協力にたいして感謝を述べられるとともに、今後も両国がよりよい関係であることを希望。また、平成元年度表面改質コースにMIDIのめっき担当者を派遣したい由、発言あり。

##### 2) タイ国科学技術エネルギー省科学サービス局

(Department of science service, Ministry of Science, technology and energy)

訪問日：3月10日 午後

面談者：Dr. CHAROEN VASHURANGSI氏 (局長)

Ms. PREMJAI MEENSUK (研修員)

Ms. NARUMOL VACHIRAPATAMA //

Ms. CHANPEN CHAITHEERAPAPKUL //

Ms. SAIPIN SEUBSANTIKUL //

Mr. NIBHON PATANANGAKURA

ほか数名

##### (概要)

科学技術エネルギー省にある7局のうちのひとつ。

この局は、次に記す沿革があるが、約10年前に工業省から分離した機関である。

当該局は邦訳すると中央省庁そのものにみえるが、内実は600人からなる最大規模の国立研究所である。

この局は1891年ドイツ人科学者の指導により王立鉱山地質局のなかにできた組織に由来し、その後1902年、王立造幣局へ移管されて英国人分析官の指導する分析室となる

1918年既存の科学技術に関連する組織の統合から、英国人化学者を長とする国立研究所となった。

1931年、はじめてタイ人が所長となり、続いて1933年研究所は科学局となり、その12年後に工業省に移管された。

さらに、1979年科学局は工業省から新しい省、科学技術エネルギー省に移り、科学サービス局と改名され今に至っている。

この局は科学技術業務に関連する国立私立の機関や工業界を支援する政府の試験研究部門として発達し、その活動は広範囲なものとなっている。たとえば、新たに必要となった研究機関たとえば医学局、国立研究協議会 (National Research Council)、原子力平和エネルギー庁、タイ工業規格院の設立といったものである。

現在、前記のように600人の職員がおり、内80%がScientist（研究員）である。また、女性職員が70%をしめる。現局長は正確に英語をあやつるDr. CHAROEN VASIHURANGSI氏である。

この局の組織は、別添に示すが、非常に多岐に亘っている。

ここでの業務内容略記略記する。

1. 政府の科学技術試験研究機関
2. 政府や私立機関に化学、物理、生物学的分析サービスを提供
3. 経済利益を考えた国内資源や産業廃棄物の有効利用に関する研究業務の実施
4. 工業製品、食物、飲料の品質を管理保証するための分析試験
5. 政府や工業界の研究所からの分析化学を学ぶ学生を研修指導
6. 科学技術に関する情報サービス

この局からこれまでにJICA表面処理コースに参加した研修員は前記した女性ばかり4名で、物理技術部物理班（Physics group, Division of physics and Engineering）に所属している。

所属部所の業務内容は次の通りである。

- ・電気、物理的分析試験
- ・物理、化学的分析試験
- ・機器の校正と標準機器の整備と標準物質の提供
- ・太陽エネルギーや他のエネルギーの有効利用の研究

また、帰国研修員の職務内容はつぎの通り。

- ・電磁膜厚計や電解式膜厚計により厚み測定
- ・熔融亜鉛、アルミニウムの付着量試験
- ・硫酸銅による均一性試験
- ・塩水噴霧試験                      その他

主にこうした試験を企業から依頼で受けている。

試験は年間400～500件あり、1件あたり平均150パーツ（約750円）程度の手数料である。

今回、日本製SEM（JEOL）を購入し、そのための設置室を準備中であった。表面処理担当のMs. SAIPINE（帰国研修員）がその担当で、将来日本に取り扱い訓練のため来日予定である。

### 3) 王立モンクット工科大学 (KMITL)    ラドクラバン校舎 (KING MONGKUT'S INSTITUTE of TECHNOLOGY, LADKRABANG)

訪問日：3月11日

面談者：Dr. RUTTIKORN VARAKULSIRIPUNTH (コンピュータ研究センター副長)

Mr. PORNSAK ATTANICH                      (研修員)

Mr. SATIT CHANTANAPUM                      //

Mr. CHAOW NIAMSORN                      //

(概要)



モンクット工大ラドクラバン校舎は1960年日本国の技術協力により設立された電機通信訓練所がその起こりで、1971年に新たに設立された王立モンクット工科大学に移行されたものである。モンクット工大は現在、工学部、農学部、建築学部、理学部、工業教育学部の5学部からなっている。学生数は全体で1000名余りであるが、今後1800名程度に拡大する計画がある。

当日は土曜日のため、学内は休みであった。関係者は、我々の訪問のためわざわざ出勤してくれたが、閉鎖している部所が多かった。

コンピューター研究センターを見学した。

大型器として、現在NEC製システム300が設置されている。近く、同システム600に更新する。パーソナル用として、IBMコンパチブルが多い。台湾、香港製が安価に入っているようで、16ビット、640kRAM、プリンターを除いて、安いもので24000パーツ(約120,000円)程度で買えるとのこと。IBMコンパチ機をタイ語のワードプロセサーとしてよく使用している模様。

SUNコンピューターで半導体の回路設計をCADしていたが、実際の製作はオーストラリアで行なっているとのこと。

また、医療関係からの依頼プロジェクトでX線CTスキャナーの研究を実施しており、前記科学省も加わっている。キャノン製のCTが見られた。

#### 4)MIDI金属加工機械工業開発研究所

(Metal-working and Machinery Industrial Development Institute)

訪問日：3月13日

面談者：Dr. DAMRI SUKHOTANNANG	(MIDI所長)
Mr. DETCHANA CHUTINARA	(研修員)
Mr. MANOP SRITULYACHOT	//
Mr. ANAN TONGMON	//
MS. RATANAPORN KONGSUWAN	//
Mr. ANACK CHOMCHUM	//
永江 務 氏	(JICA派遣調整員)

#### (概要)

タイ国工業省工業振興局 (Department of Industrial Promotion, Ministry of Industry) 傘下の試験研究機関である。

1986年から日本が、タイ国の要請に応じて同国工業経済開発の基盤となる金属加工、機械工業の振興発展を目的で、国際協力事業団 (JICA) を通じて無償資金援助協力で設立したもの。

その主要業務はつぎのとおり

1. セミナー、研修業務を通じて工業技術の振興を支援
2. 経営管理技術の発展への支援
3. 中小企業の委託に応じて検査、測定業務により生産活動を支援し、加えて金属加工分野での技術上、経営上の情報提供
4. タイ国に即した製品、治具工具の研究開発
5. 技術文献の収集と翻訳、これの提供

日本でいえば、工技院の研究所に相当しているわけであるが、業務内容は、前記のように中小企業を対象としており、日本の地方自治体の試験研究機関の業務に非常に近い。設立直後で設備も新しいことから、地元での期待が非常に高いということである。また、JICA自身も成功した援助例とするといった観点から力を入れている。

ただ、今後、多量の新鋭設備を備えたこの研究所を80名程度で運営していくにはかなりの努力期間を要するであろう。そして、その間、機器の老朽化もあり、その保守も難しいと予想される。

1987年度(10月～9月)の活動状況を業務報告書から拾うと次表のとおり目立つのは、電気めっきの研修のしめる割合である。参加者も全体の57.1%を占め、担当職員数5名の割に活発に活動しているのが伺われる。これは電気めっき担当のAnan Tongmuon氏(当時国立工業指導所へ勤務)が1972年のJICAの金属表面処理集団技術研修に参加されて相応の技術水準にあり、他部門に比しスムーズな活動がなされていること、また、表面処理技術がタイ国においても非常に重要視されている一例とも思われる。

部門名	研修開催数		セミナー開催数 バンコック
	バンコック	チェンマイ	
溶接	2	2	1
電気めっき	7	4	
鋳造	1	1	
熱処理	3	1	
機械引抜	1	—	
空気圧	2	—	
延べ日数	59日	40日	
参加者	364人	199人	

めっきセミナーへの参加者が全体に占める割合 57.1%

めっき設備は新しいが、すべて手動式である。

その種類はZn(ジンケート)、Ni-Ni-Cr、Cu(シアン)、硬質クロム、Al陽極酸化で、その処理液、槽、これに伴う前処理液がある。設備は超音波(三社電機)、電源(三社電機)、フィルター(日本フィルター)、ヒーター(谷口)、熱交換器(昭和)、排水処理(スイレイ)、純水装置(三進製作所)のように大半が日本製である。バフ研磨(英国カンニング)、古い電源(カンニング)のほか、一部排気装置や樹脂槽に地元タイ企業が参加している。

現在、貴金属めっきを準備中で試薬類、槽が倉庫内に見られた。

試験機はめっき工場周辺に化学分析器具、膜厚計以外見られないが、SEM、金属顕微鏡など共通の装置は別棟にある。

アクリル製の塩水噴霧装置を見かけたが、稼動しておらず。

セミナー開催日：3月13日午後  
場 所：MIDI講堂  
参加者：帰国研修員を中心に約40名

(概要)

今回の出張の主目的の筆頭にあげられる業務である。

「セミナーを通じ当該分野に関する日本の最新技術情報を提供し技術水準向上に資す」ものである。

下記テーマについて、それぞれ、1時間、45分の時間配分で講演後、質疑応答  
沖猛雄団長

” Fundamentals and trends of surface modification tecnorogy”

野口裕臣

” Recent trends in zinc and zinc-alloy plating”

講演要旨別添のとおり

タイ王国

5) 金属加工機械工業開発研究所  
プロジェクト概要

1、要請背景

タイ国政府は、経済自立促進、経済基盤強化のため、1981年10月から始まった第5次国家経済社会開発5カ年計画、及び1986年10月から始まった第6次5カ年計画においても、国の工業化を支える中小工業の育成に力を注いでいる。

その一環として、タイ国政府は、

- 1) 金属加工技術の教育訓練、
- 2) 中小企業工場への助言及び、指導、
- 3) 適正な生産技術の開発と試作及び、受託試験検査、
- 4) 技術情報の普及

等を目的とする『金属加工機械工業開発研究所』の設立に関する無償資金協力と、その研究所に対する技術協力を日本政府に要請してきた。

2、経緯

金属加工業振興計画調査	昭和59年5月14日～昭和59年6月13日
無償基本設計調査団派遣	昭和60年1月14日～昭和60年2月 2日
無償基本設計ドラフト説明	昭和60年7月 3日～昭和60年7月 9日
技協事前調査団派遣	昭和60年6月 9日～昭和60年6月18日
技協長期調査員派遣	昭和61年2月16日～昭和61年3月 8日
技協実施協議調査団派遣	昭和61年7月22日～昭和61年7月30日

3、無償資金協力内容

資金供与額：約29.15億円

1) 機材概要

- a) 鋳造設備
- b) 熱処理設備
- c) 鍛造設備
- d) 材料試験・検査設備
- e) 溶接設備
- f) 機械加工設備
- g) 電気メッキ設備
- h) 精密測定設備
- i) 金型テスト溶接設備
- j) 工場共通設備
- k) 簡易自動化設備
- l) 視聴覚設備

5) 専門家派遣

長期専門家9名、短期専門家約20名

\* 専門家リスト (昭和63年12月現在)

氏名	担当分野	L/S	派遣期間	備考
1. 黒岩 忠春	リーター	L	28/JAN/1987~ 27/JAN/1989	
2. 永江 勉	業務調整	L	10/DEC/1986~ 09/DEC/1989	JICA
3. 大塚 敏男	機械加工技術	L	17/APR/1987~ 16/APR/1989	
4. 小林 菊男	機械設計一般	S	19/MAY/1987~ 18/FEB/1988	帰国済
5. 早川 雅彦	金属組織	S	05/JUN/1987~ 04/FEB/1988	帰国済
6. 神山 達	材料試験・検査	S	05/JUN/1987~ 04/MAR/1988	帰国済
7. 大山 光男	熱処理技術	L	03/JUL/1987~ 02/JUL/1989	
8. 中山 正義	鑄造技術	L	03/JUL/1987~ 02/JUL/1989	
9. 鈴木 道雄	簡易自動制御	S	18/SEP/1987~ 17/JAN/1988	帰国済
10. 小島 芳種	機械加工技能	L	13/NOV/1987~ 12/NOV/1989	
11. 福島 謙	メッキ施設据付	S	05/JAN/1988~ 18/MAR/1988	帰国済
12. 末松 岩生	熱処理技能	S	12/FEB/1988~ 31/JAN/1989	
13. 杉山 茂嘉	溶接・板金技術	S	12/FEB/1988~ 31/JAN/1989	
14. 桜井 国夫	工作機械設計	L	08/APR/1988~ 07/APR/1990	
15. 野村 利雄	鑄造技能	L	08/JUL/1988~ 07/JUL/1990	
16. 荒井 考志	視聴覚教材作成	S	08/JUL/1988~ 07/SEP/1990	帰国済
17. 上野 滋	精密計測・測定	S	31/AUG/1988~ 01/OCT/1988	帰国済
18. 澁谷 輝雄	非破壊検査	S	07/OCT/1988~ 21/MAR/1989	
19. 楠原 建	鑄造木型製作	S	07/OCT/1988~ 21/MAR/1989	
20. 本庄 晴夫	品質管理	S	07/OCT/1988~ 21/MAR/1989	
21. 鈴木 城	金型設計	L	02/DEC/1988~ 01/MAR/1990	

6) 研修員受入れ

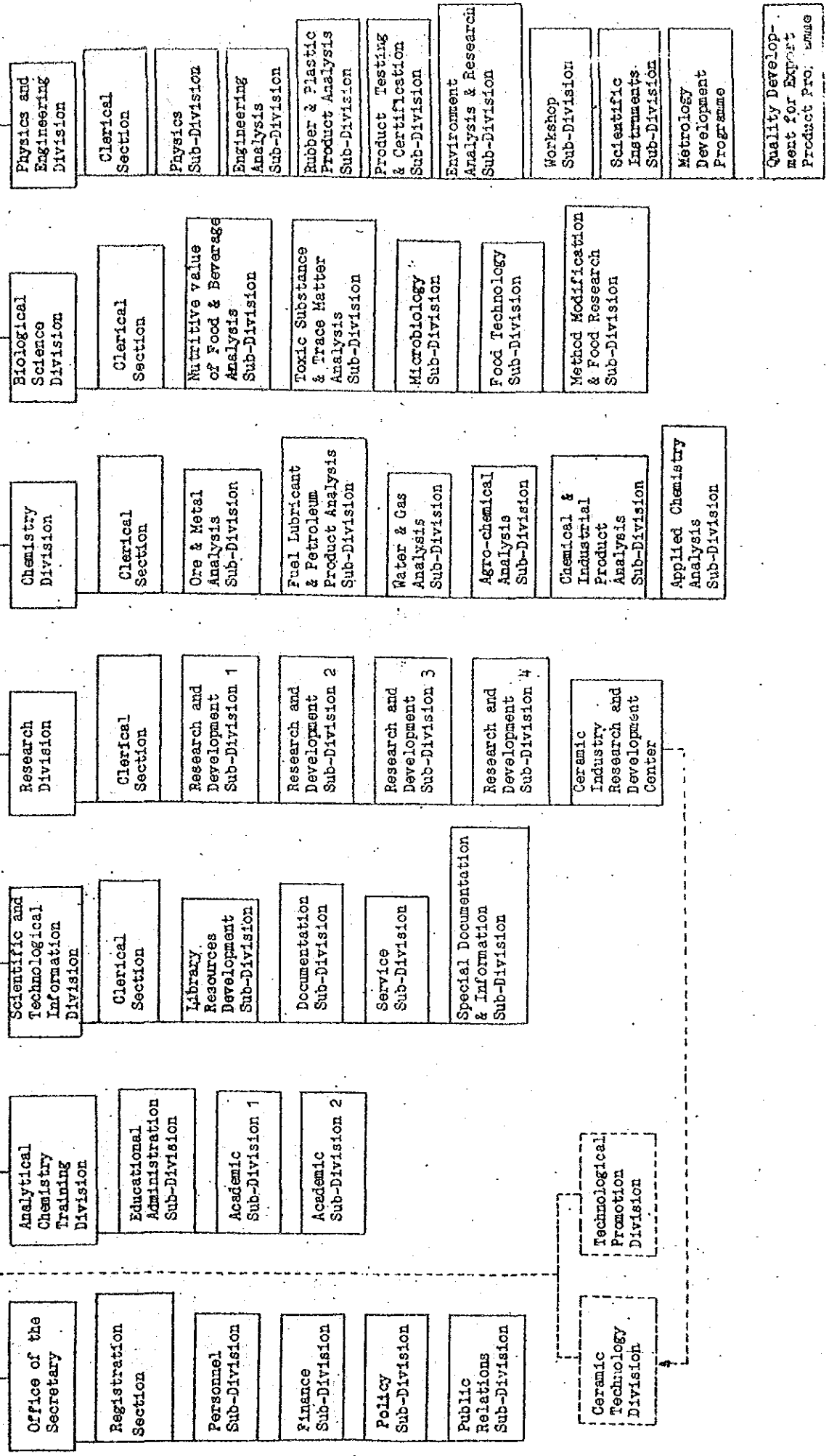
\* 研修員リスト (約20名受入れ予定)

氏名	研修分野	研修期間
1. Mr. Virat	企画	08/NOV/1986~ 23/NOV/1986
2. Mr. Vorapon	機械設計	21/NOV/1986~ 19/MAY/1987
3. Mr. Kitipat	金属組織	21/NOV/1986~ 19/AUG/1987
4. Mr. Sangchai	NC-MCN	13/JAN/1987~ 23/OCT/1987
5. Mr. Somdech	教育機材作成	03/MAR/1987~ 14/JUL/1987
6. Mr. Tanete	教育訓練システム	19/MAY/1987~ 18/JUL/1987
7. Mr. Paiboon T.	歯車加工・計測	14/JUL/1987~ 22/DEC/1987
8. Mr. Wiwachai	非破壊検査	17/SEP/1987~ 28/JUN/1988
9. Mr. Pongsak	農業機械設計	27/OCT/1987~ 26/APR/1988
10. Ms. Sunimon	工業経営	22/MAR/1988~ 13/JUN/1988
11. Mr. Sunthorn	鑄造技術	15/NOV/1988~ 01/AUG/1989
12. Mr. Prakob	鍛造技術	15/NOV/1988~ 09/MAY/1989
13. Mr. Somkiat	電気メッキ技術	15/NOV/1988~ 13/APR/1989
14. Mr. Thanete	ポンプ・バルブ設計	15/NOV/1988~ 18/MAR/1989

7) 供与機材

- ① 協議に基づき必要と思われる機材、材料
- ② 機材、設備の備品等

6) Department of Science Service

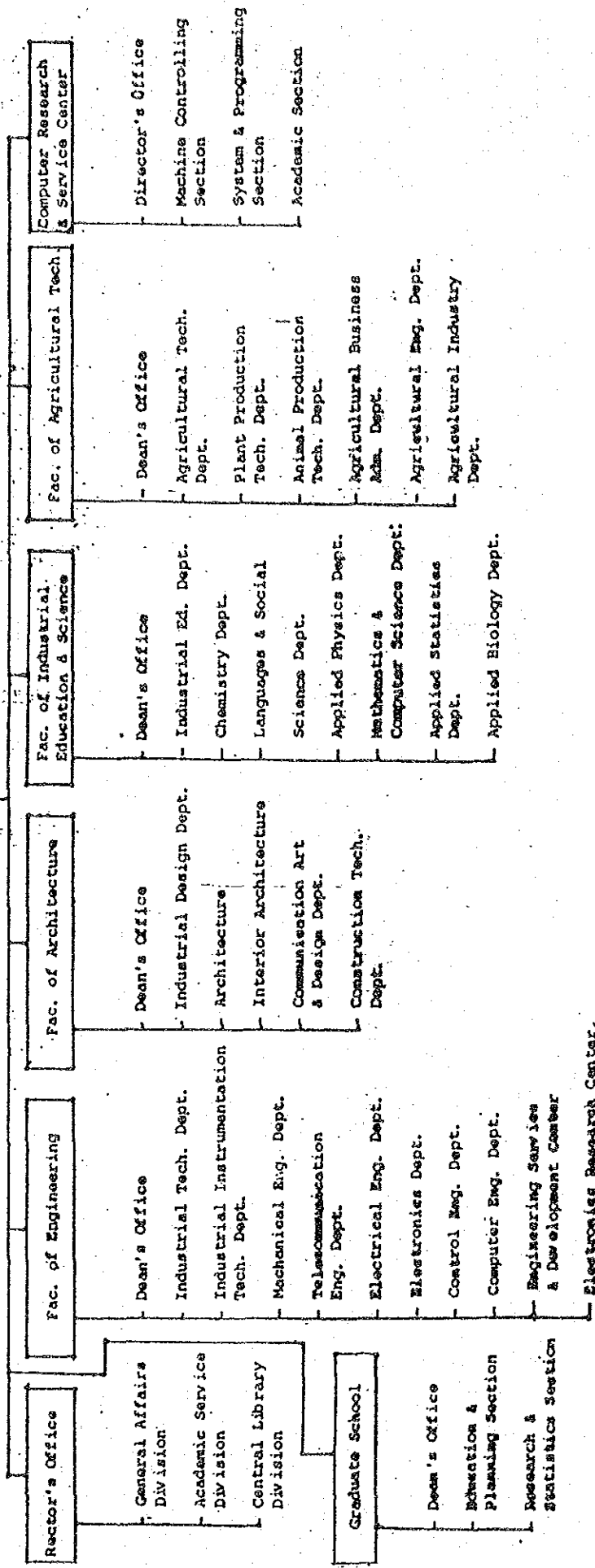


King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Administrative Organization 1986

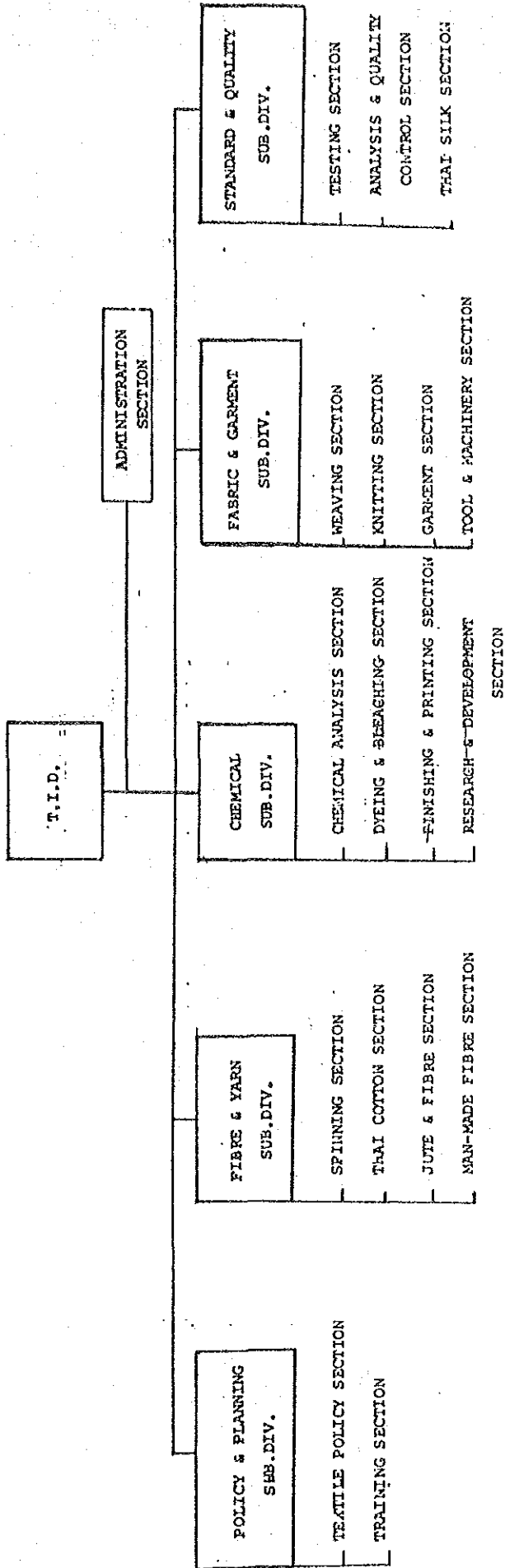
7)

KMITL Council

Rector



ORGANIZATION CHART



## 10. 中国金属表面技術の現況調査報告

金属表面技術および金属表面改質は金属はもちろんのことセラミックス、半導体、プラスチックなどの様々な材料の表面加工に関する技術の基本分野である。中国でのこの表面技術の特徴としては、他の産業分野の発展と同時に発展しつつあり、重要な要素になっている。中国では、1978年以来、現代化を実現するためにあらゆる産業の発展に力を入れてきている。特に、鉄鋼、エネルギー、建築、家電製品、自転車と自動車産業等で著しく発展し、さらに発展を目指し集中的努力がなされている。それにともない、新しい表面技術、特に金属表面改質技術を導入し、広く応用して活性化が行われている。

### (1) 電気メッキ技術

電気メッキ技術は金属の装飾、防錆、耐摩耗性向上のために従来から行われている方法であるが、その技術の精密化の重要性を認め強力に努力がなされている。普通の装飾と防食用メッキ工程としては、青化銅→光沢ニッケル→クロムメッキを採用しているが、最近公害問題とニッケルの値段急騰のため、ピロリン酸銅→ニッケル-鉄合金→クロム電気メッキも重視している。また、自動車部品の高度な耐食性が要求され、二層あるいは三層ニッケルメッキと二層クロムメッキも実用化に至った。特に、この二層クロムメッキ技術は下層の微細化厚クロム電気メッキと上層の通常サージェント浴薄クロム電気メッキにより耐食性を遙かに向上させることができる。この技術は1987年に中国国家発明賞として受賞されたもので、発展が期待されている。

硬質クロムメッキ層の性質は耐食性と密着性がよく、硬度が高く、摩擦係数が小さいので、各種農業と工業機械、航空機、車両等に應用されている。メッキ浴としては従来からサージェント浴を使用してきたが、最近では電析速度を増加するために触媒剤である硫酸の代わりにケイフッ化物を使用する傾向がある。

鉄素材に亜鉛メッキを行うと、単に外雰囲気と隔離し不働態皮膜により腐食を防ぐばかりではなく、ピンホールが生じても亜鉛のほうがいわゆる自己犠牲的に腐食することにより下地鉄素材の保護ができる。亜鉛電気メッキ法は溶融メッキ法より簡単なため、各企業に多く使用されている。電気メッキ浴としては従来からアルカリ性、中性と酸性浴を使用してきたが、最近公害源である青化ソーダを使用しないためにジケート浴（カセイソーダと酸化亜鉛）、塩化亜鉛浴と硫酸亜鉛浴などの無青化物浴を多く使う傾向がある。



中国の半導体と電子部品産業はスタートが先進国より遅れ、ついこの十年間で新しい発展を遂げた。それと同時に半導体と電子部品産業に対応する貴金属メッキ技術の応用が重要視され開始された。金、銀電気メッキは昔からのシアン化浴を使用していたが、今は耐摩耗性と耐変色性を改善するために白金族金属電気メッキ法も研究されている。また、貴金属の使用量を低減するためにパルスメッキ法にも注目して研究を行っている。しかし、この技術の実用化には大容量パルス設備問題の解決が必要であるが期待されている。

## (2) 無電解メッキ技術

無電解メッキに関しては金、銀、銅、ニッケルなどの金属無電解メッキが多い。特に近年、電子部品、精密加工部品の増加にともない無電解ニッケルメッキの需要が急速に伸びた。無電解ニッケルメッキに用いられる還元剤は次亜リン酸塩、ホウ水素化合物およびヒドラジン化合物の三種類に分けられる。中国では、次亜リン酸還元による酸性浴で工業用無電解メッキあるいは機能メッキとして最も広く利用されている。しかし、この還元析出反応の安定性、浴使用寿命の伸び技術と自動液管理装置による工程の完全自動化などの問題を今後の研究テーマとして考えており、解決しなければならない点としている。

銀無電解メッキは十年前まで主に鏡製造に使用していたが、アルミニウムのPVD鏡製造法を導入してから、無電解銀メッキ法をこの目的のためには中止した。しかし、この方法は発展して電鍍における導電化法として使用されている。無電解金メッキは薄付け用の置換型メッキと厚付け用の還元型メッキの二種類がある。置換型は使用しやすいため、装飾品、電子部品に広く用いられている。

## (3) 熔融メッキ技術

金属（特に亜鉛と錫）熔融メッキ法は古くから使われてきたものであり、熔融金属浴に主として鉄鋼を浸漬し、その表面に金属をメッキすることを特徴とするシンプルで重要な方法である。ここでの鉄鋼と熔融金属との濡れ性あるいはその付着性をよくするため $N_2$ による保護雰囲気あるいはフラックスを用いるなどの努力が見られる。現在、設備投資を節約するためフラックス法が多用されている。

この4・5年間、耐高温酸化や耐海洋気候腐食の材料が要求され、熔融金属メッキ技術の研究と応用を新しく発展させアルミニウムと合金メッキに集中している。鉄鋼表面にアルミニウムをメッキすると鉄とアルミニウムの合金層を生じる。しかし、この合金層が硬

くて脆いので加工性を害するため、Al-Zn-Si合金をメッキする方向に発展しつつある。新しい研究としては、中国の豊富な資源があるレア・アース金属を添加し、展延性や耐食性を向上させることが精力的に行われている。

#### (4) 化成処理技術

化成処理は主にアルミニウムの陽極酸化、ステンレス鋼およびチタンの表面カラー化処理、亜鉛のクロム酸塩処理、鉄鋼のリン酸塩処理などであるが、ステンレス鋼およびチタンの表面カラー化処理については現在研究中であり、実用化に至っていない。

アルミニウムの陽極酸化技術は、現在中国では活発な研究と応用を展開している。中国にはアルミニウム鉱石が豊富なためアルミニウムの生産量は年々増加してきた。それにともないアルミニウムは重要な金属材料として広く応用されている。特にこの十年近く、アルミニウム建築材、家庭用品が著しく増加した。このように、アルミニウム部品の高耐食性や装飾性を満足なものとするために、その陽極酸化技術の研究と応用が行われている。現在生産中に使用されている方法としてはシュウ酸法と硫酸法である。直流では皮膜が厚くなるがピットを生じやすく、交流ではその逆の結果となる。従って、実際は良質の防食技術皮膜が得られるため交直流重畳法が使用されている。皮膜生成後、沸騰水中で封孔処置を行っている。

#### (5) 塗装鋼板技術

塗装は大切な防錆法であり、応用歴史も古い。普通下地のリン酸塩処理によって塗膜と下地の密着性および耐食性が向上する。しかし、現在では部品を作製してから塗装するやりかたが多い。塗装鋼板の生産が必要である規模の大きな製鉄所では塗装鋼板製造プラントを建設している。塗装方法としては、スプレー塗装、電着塗装を使用している。

#### (6) 現在の問題点

##### 1) 電気メッキにおける添加剤開発と製造：

表面処理効果を向上するために表面処理に関連する良い脱脂剤や平滑剤や光沢剤の不足が目立ち、その開発と研究が必要である。

##### 2) 公害問題：

表面処理業界の急発展と共に排水処理の問題が一層深刻になった。近年、各大企業

の表面処理部門をまとめて総合的な表面処理企業を設立することにより大きな公害防止効果が得られたが、中小企業の排水処理装置の不備のため、環境汚染の問題が残っている。

3) 自動化と設備の改良：

表面処理業界は他の業界より手作業が多く、自動化レベルが低い。表面処理品質を保証するため設備の改良と更新の努力が必要である。

# 11. セミナー資料

## FUNDAMENTALS AND TRENDS OF SURFACE MODIFICATION TECHNOLOGY

BY TAKEO OKI

Faculty of Engineering

Nagoya University

### 1. INTRODUCTION

Surface modification is one of the most important technology which can satisfy the demands for various properties of material surface. Nowadays material science and technology have made remarkable progress, and then materials must be often used under an extreme situation such as high pressure, high vacuum, high temperature, high speed, long hours, high load, and etc.. Therefore surface modification technology is very important in the view point of the economy as well as the development of materials.

In this review, several fundamental points and trends of the development of the surface modification technology will be mentioned and discussed in terms of its application. This technology can be applied to both structural materials and electronic materials (functional materials). Here various surface properties of the former such as wear resistance, heat resistance, oxidation resistance, corrosion resistance, hardness and so on will be discussed.

### 2. VIEW POINT OF SURFACE MODIFICATION AND ITS MATERIALS COMPONENTS

Surface modification process can be classified into two principal categories.

#### (1) Method by change of substrate surface itself

Mechanical treatment method, Chemical modification method,

Laser surface treatment, Ion nitriding, Ion carburization, boriding.

Metal diffusion treatment, Ion implantation, Plating-heat treatment.

(2) Method by coating the substrate surface with special thin film

Spraying coating process, Electroplating, composite process,

Ion-beam mixing, PVD, CVD, Chemical densified coating method

Various methods, elements, and compounds are used as material component of surface modification. Here carbides, nitrides and borides are mainly discussed. TiC, VC, TaC, WC, NbC, ZrC, Mo<sub>2</sub>C, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>C and SiC can be mentioned as carbides, TiN, VN, TaN, NbN, ZrN, HfN, CrN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, BN, AlN as nitrides, TiB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, TiB<sub>2</sub>, WB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, NbB<sub>2</sub>, CrB<sub>2</sub>, AlB, SiB<sub>2</sub> as borides, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>3</sub> as oxides. And moreover TiSi, MoSi, ZrSi, CrSi as silicide, sulfides, BP, C, B, i-carbon, diamond can be mentioned.

All these material components have high melting point, hardness (<1000~2000 Hv), oxidation resistance, corrosion resistance, low coefficient of thermal expansion ( $5\sim 10\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ). Users can select an appropriate component for the purpose.

## 2.1 NITRIDE AND CARBIDE

Properties of various nitrides and carbides are showed in Table 1 and Table 2, respectively.

Most of nitrides have high melting point (<2000°C). Their resistivity ranges from  $10\sim 20\mu\Omega\cdot\text{cm}$  like ZrN and TiN to  $10^{19}\mu\Omega\cdot\text{cm}$  like Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Their hardness attains more than  $1200\text{kg}/\text{mm}^2$  e.g. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ( $2600\sim 3200\text{kg}/\text{mm}^2$ ) and TiN ( $1800\sim 2100\text{kg}/\text{mm}^2$ ). However in general, nitrides have low elasticity and is brittle.

On the other hand, density of carbides ranged widely from  $2.5\sim 15\text{g}/\text{cm}^3$  as well as that of nitrides and specific resistivity from TaC of  $20\sim 175\mu\Omega\cdot\text{cm}$  to SiC of  $10^9\sim 10^{11}\mu\Omega\cdot\text{cm}$ . In carbides, there are no insulators such as

Table 1 Properties of various nitrides

nitrides properties	TiN	ZrN	HfN	VN	TaN	NbN	BN	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	AlN	CrN	Cr <sub>2</sub> N
crystal system	cubic	cubic	cubic	cubic	hexagonal	cubic	hexa. cubic	hexa. (α, β)	hexa.	cubic	hexa.
density(g/cm <sup>3</sup> )	5.44	7.35	13.94	6.08	14.1	8.26 8.4	2.15 2.27	3.18 3.19	3.25 3.30	6.1	6.51
melting point (C°)	2900 3220	2930 2980	3300 3307	2050 2360	2980 3360	2050	2720 3000	decomposition 1900	2200 2300	1500	—
specific resistance(μΩ·cm)	22 130	11.5 14.0	32	86	135	200	1.7×10 <sup>11</sup>	> 10 <sup>11</sup>	2×10 <sup>11</sup>	600 680	79 89
thermal conductivity(CGS)(RT)	0.07	0.04	0.052	0.027	0.021	0.009	orientation	0.035 0.041	0.004	0.0261 0.0307	0.0514 0.0523
microhardness (kg/mm <sup>2</sup> )	1500 2100	1400 1600	1500 1700	1500	1060	1400	—	2670 3260	1225 1230 (RT)	1000 1188	1522 1629
elastic modulus (kg/mm <sup>2</sup> )	23500	—	—	—	58700 (α-TaN)	49300	1160 ~ 8370 (α-BN)	5620 21800	28100 35200	—	—
coefficient of thermal expansion(10 <sup>-4</sup> deg <sup>-1</sup> )(C°)	9.31 9.39 (25-1100)	7.24 (70-1100)	6.9 (20-1100)	9.2 (20-1100)	3.6 (20-700)	10.1 (20-1000)	0.5 ~ 1.7 (α-BN)	2.75 (20-1000)	4.8 (20-300)	2.3 (20-800)	9.41 (20-1100)

Table 2 Properties of various carbides

carbides properties	TiC	ZrC	HfC	VC	TaC	NbC	WC	B <sub>4</sub> C	SiC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> C
crystal system	cubic	cubic	cubic	cubic	cubic	cubic	hexagonal	rhombohedral	hexa. cubic	rhombohedral	trigonal	cubic
density(g/cm <sup>3</sup> )	4.85 6.93	6.44 6.3	12.20 12.70	5.36 5.77	14.48 14.65	7.82	15.6 15.7	2.50 2.54	3.21 3.22	6.68	6.92	6.97 6.99
melting point (C°)	3180 3250	3175 3540	3885 3890	2810 2865	3740 3880	3500 3800	2627 2900	2350 2470	2200 ~ 2700	1895	1782	1518
specific resistance(μΩ·cm)	70 173	50 64	60	150 160	20 175	74 254	53	0.1 ~ 0.8 10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	70 80	105 113	125 129
thermal conductivity(CGS)(RT)	0.041 0.06	0.049	0.053	0.010	0.053	0.034 0.041	0.070	1.055 0.069	0.098 0.100	0.045 0.047	0.035 0.038	0.041 0.053
microhardness (kg/mm <sup>2</sup> )	2900 3200	2600	2533 3202	2600	1800	2400	2400	2400 3700	3000 3500	1800	1882	1663
elastic modulus (kg/mm <sup>2</sup> )	31600 44800	32300 46900	43300	26000 27400	37100 38700	34400	53600 72100	29500 45800	34450 42200	38000	—	—
coefficient of thermal expansion(10 <sup>-4</sup> ·deg <sup>-1</sup> )(C°)	7.95 (25-1000)	7.01 (25-1000)	6.80 (25-1000)	7.25 (25-1000)	7.09 (25-1000)	7.21 (25-1000)	3.84 —	4.3 25	4.7 (20-2127)	11.7 (20-1100)	9.4 (20-1100)	10.1 —

$\text{Si}_3\text{N}_4$  in nitrides. Melting point of carbides is generally higher than that of nitrides, and that of most carbides attains more than  $2500^\circ\text{C}$ . Thermal conductivity of carbides is generally larger than that of nitrides, which can be supposedly applied to various uses. Microhardness of carbides is much higher than that of nitrides, which can be supposedly applied to various uses. Microhardness of carbides is much higher than that of nitrides i.e.  $1800\text{kg}/\text{mm}^2$  for TaC and  $3000\sim 3500\text{kg}/\text{mm}^2$  for SiC. Elasticity of carbides is slightly higher than that of nitrides, but they have also low elasticity and are brittle in general.

## 2.2 OXIDES AND BORIDES

Various properties of oxides and borides are shown in Table 3 and 4. Density of oxides ranges from  $4\sim 10\text{g}/\text{cm}^3$ . Melting point of oxides is lower than that of both nitrides and carbides. Specific resistance of oxides is much higher than that of nitrides and carbides ( $10^7\sim 10^{22}\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ), and many oxides can be used as insulator. Thermal conductivity ranges from 0.001 to 0.01, which can be concluded from the value of specific resistance, and is very low in general.

(However thermal conductivity and specific resistance of BeO are exceptionally high. Both microhardness and elasticity of oxides are lower than those of carbides and nitrides. Especially  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  have high hardness which can be utilized in various application.

On the other hand, the density of borides ranges from  $4.5\sim 12\text{g}/\text{cm}^3$  which are similar to those of the other three compounds.

Melting point of borides is much higher than those of other compounds (and is similar to those of several carbides whose melting point is very high. This property will be often utilized for high heat resistance in the future. Specific resistivity of borides ranges from 6 to  $30\mu\Omega\cdot\text{cm}$  and is lower than that of carbides. This property will be utilized for special purpose like conductor at high temperature, too. Thermal conductivity of borides ranges from 0.04 to 0.15. Hardness of borides is the highest in these four compounds. ( $>2000\text{kg}/\text{mm}^2$ )

Table 3 Properties of various oxides

oxides properties	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	HfO <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
crystal form	te- trag- onal	te- trag- onal	cubic	rhom- bic	rhom- bic	hexa.	te- trag- onal	hexa.	rhom- bic
density(g/cm <sup>3</sup> )	4.24	6.27	9.68	3.36	8.73	4.95	6.47	3.97	5.21
melting point (C°)	1855 / 1885	2900	2780 / 2790	670 / 685	1255 / 1815	1470 / 1510	1473 / 2130	2050	2309 / 2359
specific re- sistance (μΩ·cm)	3×10 <sup>10</sup>	—	—	3×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>11</sup>	—	2×10 <sup>11</sup>	1×10 <sup>11</sup>	—
thermal conduc- tivity(CGS) (RT)	0.008 / 0.015	0.0047	0.0011	0.0010	—	—	—	0.095	—
microhardness (kg/mm <sup>2</sup> )	1000	1300 / 1500	940 / 1100	—	890 / 1290	726	—	2300 / 2700	2915
elastic modulus (kg/mm <sup>2</sup> )	24000 / 29000	25000	—	—	—	—	—	37000	—
coefficient of thermal expan- sion (10 <sup>-4</sup> ·deg <sup>-1</sup> ) (C°)	8.85 (25-1600)	10.8 (25-1700)	6.45 (20-1700)	—	—	—	—	8.1 (10-1000)	9.6 (10-1400)

Table 4 Properties of various borides

borides properties	TiB <sub>2</sub>	ZrB <sub>2</sub>	HfB <sub>2</sub>	VB <sub>2</sub>	TaB <sub>2</sub>	NbB <sub>2</sub>	W <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	CrB <sub>2</sub>	FeB	Fe <sub>3</sub> B
crystal system	cubic	cubic	cubic	cubic	cubic	cubic	cubic	cubic	rhom- bic	te- trag- onal
density(g/cm <sup>2</sup> )	4.38	6.17	10.5	5.06 / 5.28	12.38	6.97	11.0	5.22	7.15	7.34
melting point (c°)	2790	3200	3250	2400	3037	3000	2370	2200	1650	1410
specific re- sistance (μΩ·cm)	6.4 / 9.1	9.7	10.6	22.7	32.5	25.7	22.0	30	80	38
thermal conduc- tivity(CGS) (RS)	0.154	0.138	0.122	0.101	0.038	0.057	0.125	0.076	0.029	0.072
microhardness (kg/mm <sup>2</sup> )	3310 / 3430	2230 / 2274	2400 / 3400	2797 / 2813	2460 / 2540	2600	2650 / 2675	2020 / 2180	1600 / 1700	1290 / 1390
elastic modulus (kg/mm <sup>2</sup> )	54000	35000	—	27300	26200	65000	79000	21500	15000	29000
coefficient of thermal expan- sion (10 <sup>-4</sup> ·deg <sup>-1</sup> ) (C°)	4.6 (27-1027)	5.9 (27-1027)	6.3 (27-1027)	7.6 (27-1027)	8.2 (27-1027)	8.0 (27-1027)	7.8 (27-1027)	10.5 (27-1027)	~12 (600-1000)	11.5 / 12.1 (10-400)



And it is very important that this property will be applied to practical uses. Elasticity is very low and brittle as well as other compounds.

As already mentioned above, these ceramics have low thermal expansion coefficient, good thermal resistance, corrosion resistance, electric properties, although their thermal-shock resistance and mechanical strength are often not so good. The low elasticity of these ceramics is detrimental rather than beneficial. The new ceramics coating is one of the treatments which can resolve such a disadvantage by combining brittle films with ductile substrates. Therefore it might be called one of composites process. Recently the difference of properties between ceramic films and ceramics themselves have turned out, which is very interesting in the view point of surface functions. Ceramic coatings can give some new functions moreover the properties as composite to the material surface.

Main applications of the ceramic coatings are described as follows. Components for wear resistance, hot resistance and packing resistance, and mechanical seals are  $Al_2O_3$ , TiN, TiC, SiC and etc.. Electric materials (functional materials) such as transparent conductive films are  $In_2O_3$ ,  $SnO_2$ , and etc., for infrared cut filters and strong dielectric substances  $BiTi_3O_{12}$  is used, and for piezoelectric films ZnO is used. Moreover  $Al_2O_3$  is applied to coating of lens by utilizing its transparency. AlN is used as insulation film,  $Si_3N_4$  and SiC as semi-conductor devices, TiN, TiC, TaN and TaC as emitter materials, and transparent  $SiO_2$  thin film as infrared ray cut filter, resistance devices, dielectric substances and lens coating.

As mentioned above, it is frequently required nowadays that mechanical components can undergo higher loading and that electronic materials have more various functions. And then their uses are inclined to increase. If the properties of those ceramics are studied and turned out further (e.g. the electric, magnetic, thermal and mechanical properties of nonstoichiometrical compounds by reactive ion plating and etc.), the uses of new ceramic coating will increase more and more. In this point, the application of new ceramic

coating which shows new properties, is very significant.

Hardness of several ceramics compared with other hardened surfaces are showed in Table 5.

Table 5 Hardness of various carbides compared with other substances

form of compound	hardness H <sub>v</sub>	example	hardness H <sub>v</sub>
M <sub>3</sub> C	1150~1760	Fe <sub>3</sub> C	1150~1340
M <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	1000~1800	(Cr·Fe) <sub>23</sub> C <sub>3</sub>	1000~1520
M <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	1800~2800	(Cr·Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	1820
M <sub>2</sub> C	1800~3000	Mo <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	1800~2200
		W <sub>2</sub> C	3000
		Cr <sub>2</sub> C	1900~2500
M <sub>6</sub> C	1600~2300	Fe <sub>4</sub> Mo <sub>2</sub> C	1670
		Fe <sub>4</sub> W <sub>2</sub> C	1700~1800
MC	2250~3200	MoC	2250
		WC	2400~2740
		VC	2500~2800
		TiC	3200<
		ZrC	
		NbC	2400<
		TaC	1800<
Fe <sub>2</sub> B			1400~2060
FeB			1900~2300
nitride layer			1000~1100
hard chromium plated steel			900~1000
quenched and tempered steel			700~800

### 3. SURFACE MODIFICATION BY THE CHANGE OF SURFACE STRUCTURE

#### 3.1 MECHANICAL TREATMENT METHOD

Various mechanical treatments are applied to surface modification. In shot peening processing, hard particles or metal shots are knocked at the material surface, and then the surface layer deforms plastically and hardens

through work hardening, which results in the increase of wear resistance. The similar effects are attained by barrel processing. Embedding of hard particles such as SiC in the material surface increases wear resistance. Injection and deposition of hard micropowder in molten steel results in surface hardened materials whose hardness are about Hv 2300. Surface rolls, rolling working, CBN machining and etc. will be effective moreover as surface treatments.

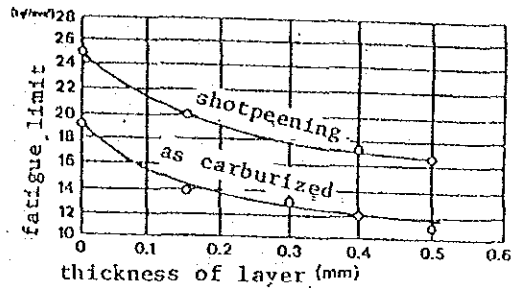


Fig.1 Effects of shotpeening on carburized layer (0.6% normalized steel)

### 3.2 CHEMICAL MODIFICATION METHOD (FOR EXAMPLE;OXIDATION METHOD)

For steel rolls for example, the black film (magnetite) formed on the surface by oxidation has high wear resistance. This film reduces wear of surface of a practical roll, although microcracks are formed in the film by heat. At the temperature above the transformation temperature of magnetite (570°C), self oxidation of rolls is occurred mainly. Appropriate temperature of this treatment is about 600°C, because wuestite is formed at more than 600 °C. Film thickness of magnetite in this treatment ranged from 2 $\mu$ m to 10  $\mu$ m and the property is very tight.

### 3.3 LASER SURFACE TREATMENT

Conventional heat treatments such as high frequency quenching can increase wear resistance, but strain is usually formed through these treatments. This problem is able to be resolved only by surface quenching by laser. Merits of this treatmetn are described as follows.

- a) Applications to various modifications
- b) an abundance of available materials
- c) Local and selective treatments
- d) Minimum amount of heat which reduces thermal strain
- e) Ability of control of hardened depth and area
- f) Application to products whose shapes are complicated.
- g) Non-pollution treatments due to non-oil or non-water.

Glazing or Laser Surface Melting (LSM) and Laser Surface Alloying (LSA) can be mentioned as the representative methods. The CO<sub>2</sub> laser has high capacitance and is used usually, but the pulse laser (YAG, ruby) which has long wavelength and high energy is often used, too.

### 3.4 ION NITRIDING

In the conventional gas nitriding, nitrides are formed on the surface of steel by N atom from the decomposition of NH<sub>3</sub> gas. The merits are low treatment temperature (500 ~ 550 °C), slight thermal deformation and high hardness. But this gas nitriding method is used only for low grade alloy steel containing Cr, Al and Mo, because the efficiency is low, treatment time is long, and formed nitride is brittle. These defects can be resolved by ion nitriding method. Nitriding in ionic gas increases the efficiency, prevents the embrittlement of nitride layer and reduces the treatment time (about 1/3 ~ 1/5). N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub> or NH<sub>3</sub> gas are induced (about 80% N<sub>2</sub>), and glow discharge by direct voltage 200~1000V ionizes gas, which results in better nitriding. It is recently one of the best surface modifications.

### 3.5 ION CARBURIZATION

The merits of ion carburization are described as follows: 1) The rate of supplying carbon is high. 2) The control of carburized layer is easy. 3) Work surface is clean and bright. 4) Abnormal carburized layer such as decarburized layer and grain boundaries cannot be formed. 5) Soot cannot be formed. (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gas

of several Torr) 6) Pretreatment is easy. 9) Strain occurs seldom. 8) The efficiency of carburizing and work environment is good. 9) Multiple heat treatment of vacuum brazing and ion carburizing can be utilized. This method is one of the plasma treatments.

### 3.6 BORIDING

Gas boriding method is classified into boron trichloride method and diborane (hydride) method. The former utilizes the reduction reaction;  $\text{BCl}_3 + 3/2 \text{H}_2 \rightarrow 3\text{HCl} + \text{B}$ , and requires more than 600 °C. On the other hand, the latter uses the following reaction;  $1/2 \text{B}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{B} + 3\text{H}_2$ , and requires more than 700 °C. The solubility of boron in  $\alpha$  iron or  $\gamma$  iron is very low and there are two intermetallic compounds, FeB and Fe<sub>2</sub>B. In general, FeB and Fe<sub>2</sub>B are formed inwardly from the surface in this order. But the appropriate treatment condition can produce the single layer, FeB or Fe<sub>2</sub>B. The morphology of both iron boride layers are needlelike. It is often pointed out that boride layers have residual compress stress.

Boron trichloride method requires 0.05 mol% BCl<sub>3</sub> and 0.95 mol% H<sub>2</sub> generally and utilizes the exchange reaction,  $\text{BCl}_3 + 3/2 \text{Fe} \rightarrow 3/2 \text{FeCl}_2 + \text{B}$  or the reduction method,  $\text{BCl}_3 + 3/2 \text{H}_2 \rightarrow 3\text{HCl} + \text{B}$ , all of which require more than 600 °C.

Diborane method requires the mixture of diborane and hydrogen whose mixture ratio ranges from 1:25 to 1:225. It is pointed out that the mixture ratio of 1:100 is the best one generally. When a specimen is treated in 2 hours at 850 °C, the depth of the boride layer will be about 120 μm. The reaction is  $1/2 \text{B}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{B} + 3\text{H}_2$  and requires more than 700 °C.

### 3.7 METAL DIFFUSION METHOD

The metal diffusion method is one of the surface modifications for wear resistance and corrosion resistance, and utilizes the deposition and diffusion of Cr, Al, Zn, Si and etc. into the material. The merits of this method are described as follows. 1) There is a diffusion layer of diffused metal in the

surface. 2)The layers have high adhesion. 3)The dimension changes with the treatment. 4)The substrate is affected by heat. 5)The combination of the substrate and diffused metal must enable the mutual diffusion.

### 3.8 ION IMPLANTATION METHOD

Ion implantation method utilizes the collision phenomenon. In this treatment, atoms are ionized, accelerated in an electric field and collide with a material surface. As results, atoms are injected in the certain depth of the material. Therefore the arbitrary atom can be added into a certain material in principle. In this method, an artificial surface or a thin layer can be formed at relatively low temperature. Recently this method is applied not only to the field of semi-conductor but also to that of metal, ceramic and polymer materials. The merits of this treatment are described as follows. 1)The combination of implanted ion and the substrate is selected arbitrarily. 2)The purity of implanted atoms is very high. 3)The profile of the concentration of implanted atoms can be controlled. 4)The temperature used in this process is relatively low. 5)The change of dimension is slight. 6)The treatment has high accuracy and is reproducible. In practical uses, ion implantation coating of nitrogen increases the wear resistance and corrosion resistance of tools. For example, ion implantation of C, N, B for the wear resistance, Ba, Sr, Ca, Yb and Eu for oxidation resistance, (Ti,Fe), Ta, Ti and Cr for corrosion resistance and Ti for the improvement of adhesion between metal and ceramic.

## 4. SURFACE FILM PROCESSING

### 4.1 SPRAYING COATING METHOD

In this treatment, micropowders consisting of molten metal or/and ceramics are sprayed to products, which results in the formation of films. In practical uses, the method is classified into four type; powder spraying, arc spraying, flame spraying and plasma spraying. Cement carbides, alloys and ceramics are used as substrate. The properties of surface films formed by spraying coating

are the followings. 1)The adhesion between film and substrate is mechanical. 2)Films contain a number of pores. 3)Hardness and electric resistance is very high, because films contain oxides. 4)Tensile strength and bending resistivity are low. 5)Surface is coarse. In general, plasma spraying is often used. Recently low pressure spraying is used frequently, too. In the future, laser spraying will be supposedly developed. Especially low pressure spraying has following merits, i.e. increasing of adhesion, minimum change of phase and increasing of high temperature area.

#### 4.2 ELECTROPLATING METHOD

A Cr plated film has high corrosion resistance and hardness. The reasons come from its fine grain size, internal stress, hydrogen absorption, abnormal crystal system, the mixture of two types of Cr-crystal system and Cr oxides having high hardness, adhesion and corrosion resistance. In electroless Ni plating, heat treatments increase the hardness of film from 550 ~ 600 Hv to 1100 Hv which is similar to that of hard chromium film. This film contains phosphorous of 4 to 15% and is amorphous. The film is recrystallized at about 280 °C and Ni<sub>3</sub>P is deposited at higher temperature, which results in hardening of the film. It is pointed out that the hardness of film is about 1100 Hv at 400°C. This alloy film has high corrosion resistance, too. It is very interesting that most of these amorphous films before heat treatment are nonmagnetic. Ni-B alloy film has high hardness and wear resistance. Sodium borohydride (high temperature bath at 90°C) and amine borane (low temperature bath at 65°C) are used as the plating bath. The film formed at high temperature bath contains boron of 5 to 7% and is amorphous. The heat treatment at 400°C increases the hardness of films from 700 Hv to 1200 Hv. The melting point of Ni-B is about 1400°C and is higher than that of Ni-P (about 800 Hv). The film formed at low temperature bath contains boron of 0.5~1.0% and its grain size is fine. The heat treatment increases the hardness slightly higher than 800 Hv as deposit.

#### 4.3 CARBIDE COATING BY DIFFUSION METHOD

Carbide films are formed by dipping the specimen containing carbon with metal component as carbide former into the neutral molten salt or molten borax. This method can produce carbide films of high wear resistance, thermal resistance and corrosion resistance similar to those of hard alloys on the substrate, even if low grade steels are selected as substrate. Composite films such as V-Nb-C and Ti-V-C can be formed by this method.

This carbide film method can be grouped in several categories, but the molten salt method is frequently used. If the specimen is dipped into molten salts containing boron, some borides such as FeB and Fe<sub>2</sub>B can be formed. It is pointed out that the mechanism of the reaction is mainly disproportionation reaction. In general, vanadium carbide film is frequently used, but the other carbide film such as NbC, TiC, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> and etc. can be used for several applications. Hardness of carbide films by this method is very high, e.g. hardness of VC and TiC attain more than 3000 Hv. These films maintain their hardness at high temperature. (For example, 800 Hv at about 800°C) And moreover these films have all kinds of wear resistance such as adhesion wear, grinding wear, corrosion wear and so on. In general, values of these wear resistance are similar to those of cement carbide. And these films have baking resistance, chipping resistance and oxidation resistance.

The steels being coated by such carbide films are used for many applications. For example, there are cutting tools for metal, rubber, plastic and woods, metal mold for press, and powder metallurgy and dies wearied due to adhesion resistance, baking resistance, and chipping resistance. Various ceramic tools, components of civil engineering machine, agricultural machine, and pump with grinding resistance, grinding holder, jigs of grinder, nonferrous cutting tools, fiber-guide and components of pumps with grinding wear resistance, molds for plastic, components of chemical mechanical machine, components of plastic defoming machine with grinding wear resistance and corrosion wear resistance, components of oil-, air-pressure machine with erosion resistance, components of



various chemical mechanical machine with corrosion resistance and oxidation resistance, mold for aluminium, diecast and device for molten zinc dipping plating for oxidation method with corrosion resistance and long life time.

#### 4.4 COMPOSITE

In the electrodeposition, powders are dispersed in the electrodeposited film, which results in the increase of wear resistance and lubricating properties according to the properties of the dispersed particles. Nickel is used mainly as matrix metal. But Co, Cu and Cr are often used, too. SiC, WC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub> and etc. are used as dispersed powders for the increase of wear resistance. For other purposes, TiC, B<sub>4</sub>C, diamond, CrB<sub>2</sub>, ZrC, CrC, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> and etc. are used. In general, the size of co-deposited powders ranges from 1 to 3  $\mu\text{m}$ , but the larger particles can be used, too. For the deposition of nickel, electroplating and electroless deposition are available.

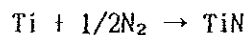
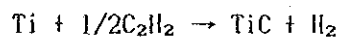
#### 4.5 ION BEAM MIXING

Ion beam injected into the deposited film enables alloying and compounding in films, promotes alloying and compounding of films with substrates and increases the adhesion of films. In compare with ion implantation, gas can be ionized more easily and this method shows the effect by a little amount of injection of rare gas.

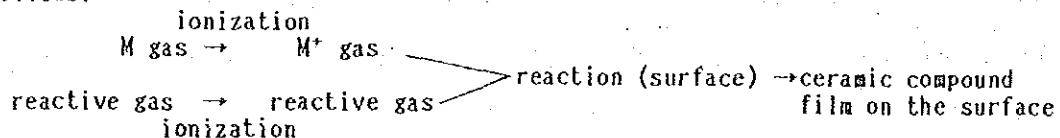
#### 4.6 PVD METHOD

Coating components are vaporized and splashed as atom or molecule and deposit on the substrate in a vacuum chamber. Vacuum vapor deposition, sputtering and ion plating are the representative methods. In the vacuum vapor deposition, the system is vacuum pumped off at  $10^{-4}$  to  $10^{-5}$  Torr and the coating component could be deposited on the substrate. The properties of the film depend on the distances between substrate and vapor sources. In the sputtering, Ar gas is induced into the vacuum chamber at about  $10^{-5}$  Torr. Voltage of 1 ~ 5kV is applied

between substrate as positive electrode and target as negative electrode. In this electric field, glow discharge occurs, which promotes the ionization of Ar gas. These positive Ar ions collide with target in plasma, and fricked atoms off the substrate, which results in the formation of films on the substrate. Magnetron sputtering making use of magnetic field enables the controll of the rate of film formation at the order of  $1\mu\text{m}/\text{min}$ . This method enables high melting point materials to evaporate at relatively low temperature. And the controll of film composition is relatively easy. In the ion plating method, the chamber is in generally drawn off at  $10^{-4}\sim 10^{-5}$  Torr and then Ar gas is induced at  $10^{-2}$  Torr. Substrate as negative electrode is cleaned by ion collision. After ion cleaning, coating components are evaporated in the atmosphere of Ar or vacuum. Bias voltage is applied between substrate and metal vapor source, which results in the ionization of evaporated metallic gas and deposition on the substrate. The film formed by this method has the highest adhesion in these three methods. PVD method enables coating of Ti, Al and many refractory materials which cannot be plated in aqueous solutions. On the other hand, reactivity method enables the formation of TiN, TiC,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and AlN which have high wear resistance and thermal resistance. In the application to cement carbide tools, the life increases remarkably. The total reaction can be described as follows for example of TiC and TiN.



This method enables the formation of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , TaC, ZrC,  $\text{ZrB}_2$ ,  $\text{TiB}_2$ , SiC and etc.. This reaction can proceed at nonequilibrium state, therefore various TiN and TiC films can be produced as shown in Fig.2. This artificial new ceramic coating is very interesting and prospective one. The mechanism can be considered as follows.



$N_2$ ,  $NH_3$  gas and etc. are used for nitrides,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_3H_8$  and etc. for carbides,  $O_2$  gas for oxides and  $BH_3$ ,  $BCl_3$  and etc. for borides.

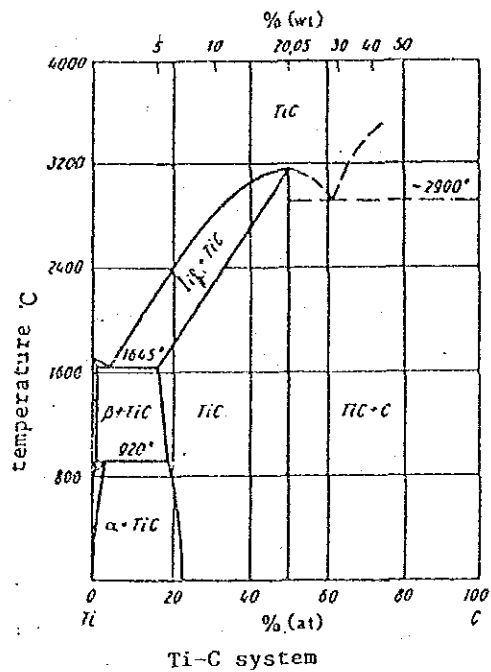
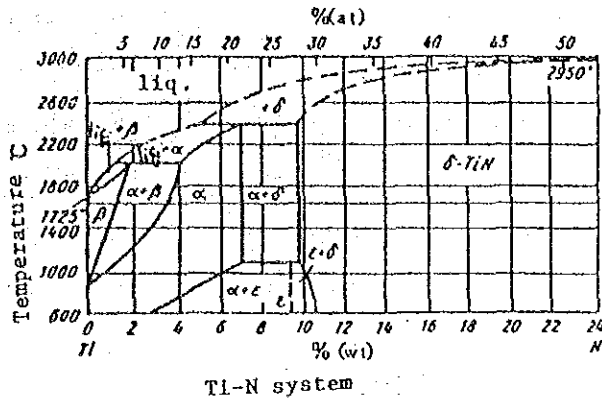


Fig.2 Phase diagram (Ti system)

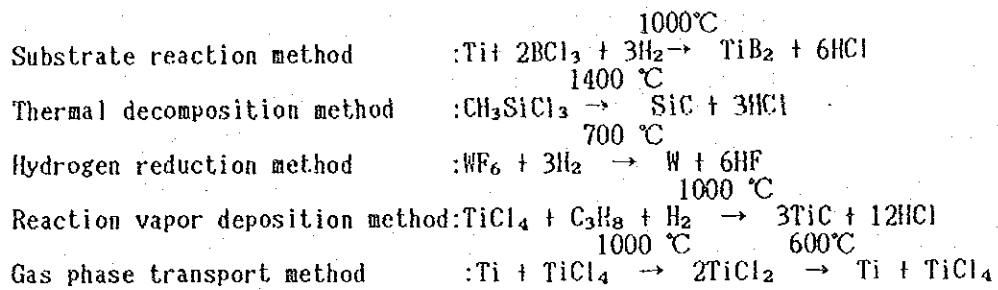
#### 4.7 CVD METHOD

Chemical reaction at the interface between substrate and gas phase, i.e. catalytic contact reaction, produces the film formation of metal and compounds.

This method can be classified into substrate reaction method, thermal decomposition method, hydrogen reaction method, reactive vapor deposition method, gas phase transport method and etc., and requires the reaction

temperature from 700 to 1000°C in general. Now low temperature plasma CVD method is developing, because thermal strain occurs at the relatively high temperature. In this treatment, plasma increases the reactivity at the low temperature. Low pressure reaction method, which promotes gas flow, is developing, too.

Recently such various CVD method is developing. Laser CVD method, CVD coating of carbon fiber are mentioned as such an example. The material treated by CVD is applied to friction parts of components and cutting tool as well as PVD treated materials. In recent years, this method has been applied to diamond coating or BN coating.



· i-carbon diamond film method

Diamond has the highest hardness of all substances. Its electric conductivity is very low but thermal conductivity very high. The coating technology which can control the morphology is required to utilize the properties adequately.

· CVD and plasma CVD method

The synthesis at high pressure using metal solvent is not suited for the formation of diamond films, but for large grains of diamond. On the other hand, the synthesis at low pressure can be applied to diamond coating. Such a diamond film can be used as high wear resistant material or semi-conductors which have high thermal resistance. This method is classified into chemical transportation method, thermal filament CVD, radio wave CVD and microwave plasma CVD. In the CVD method using thermal decomposition of compounds such as hydrocarbon, graphite deposits with diamond on the substrate, which disturbs the growth of diamond films. On the other hand, plasma CVD method deposits a

Table 6 Diamond and i-carbon films

process	induced gas	pressure	temperature	deposit
low pressure C V D	CH <sub>4</sub>	<10 <sup>-1</sup> Torr	<1100 °C	graphite diamond
thermal filament C V D	CH <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	<50 Torr	<1000 °C	diamond
plasma C V D high frequency	CH <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	<50 Torr	700~1000 °C	diamond
ion plating D C high frequency	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> +Ar CH <sub>4</sub> or C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.05~0.07 10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-2</sup> Torr	150~300 °C r.t r.t	i-carbon i-carbon i-carbon
ion beam deposition non magnetic separation m.f.separation	C <sup>+</sup> , (40[eV]) C <sup>+</sup> , (30-100[eV])	10 <sup>-6</sup> 10 <sup>-6</sup>	r.t 25~50	diamond-like carbon diamond, calvin, diamond
m.f.separation	C <sup>+</sup> , (900[eV])	10 <sup>-6</sup> Torr	700	

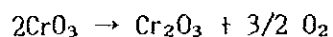
diamond film from carbon or hydrocarbon ionized in plasma state by thermo-electron and etc.. It is important that methylradical ( $\cdot\text{CH}_3$ ) which has the mixed orbital,  $\text{SP}^3$  (as well as diamond) must be formed. Radical hydrocarbon having  $\pi$  bonding e.g. double bonding or triple bonding are inclined to deposit graphite. The appropriate treatment conditions of CVD method have not been defined in details yet. But supposedly they depend on the temperature of filament and substrate, the mixture ratio of hydrocarbon and hydrogen, the rate of gas flow and pressure. Especially the mixture ratio, the rate of gas flow and the temperature of filament effect strongly on the formation of a diamond film. For example, the temperature of filament of 2000 °C, the temperature of substrate of 980°C, the concentration of methane gas of 1vol%, the rate of gas flow of 10 ml/min, the pressure of several dozens of Torr. The method and properties of the film in this treatment are shown in Table 6. The lattice of deposited dia-

mond is cubic. The atomic hydrogen participates in the synthesis of diamond by both thermal filament CVD and plasma CVD. This atomic hydrogen reacts with graphite, eliminates it or reacts with methane gas, which results in the formation and decomposition of methyl radical ( $\cdot\text{CH}_3$ ). That is, the hydrocarbon and atomic hydrogen are requisite for the formation of a diamond film. At low pressure, amorphous-like diamond can be formed, which is called i-carbon or diamond-like carbon.

#### 4.8 CHEMICAL DENSIFIED COATING METHOD

This method utilizes the decomposition reaction of compounds on the surface layer of substrate. The coating of chromium oxide is utilized in practical uses. This example is explained as follows.

Anhydrous chromic oxide is dissociated by heat. The reaction can be described as follows.



$\text{Cr}_2\text{O}_3$  is deposited by this reaction. In practical uses, the substrate is coated by  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  compound called 'base coat' at the thickness of about 30~100  $\mu\text{m}$ , chromium acid solution as binder is added into the film and heated. As results, the ceramic film of more than 1200 ~1300 Hv can be obtained. Even if the base coat is not used, a thin  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  film can be coated.

This is one of the best and prospective surface modifications in the point of making use of good properties of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Such a ceramic coating by chemical thermal decomposition will advance the surface modification technology further.

#### 5. PROSPECTS FOR THE FUTURE

Needs for surface modification technologies are increasing more and more. New technique such as heat sources evaporation method and the method of ionization are developed one after another. The development of laser will make the film formation by laser deposition easy and enable the formation of BN coating.  $\text{CO}_2$  laser is available, because it can be absorbed by ceramics. The

structure of films by these methods are generally amorphous. The hardness of CBN is similar to that of diamond, its thermal conductivity is similar to that of metals and its chemical stability is higher than that of diamond. For example, it is pointed out that CBN does not suffer wear in air at 1100 °C. Surface modification technology is interesting in the view point of new functional properties and composite formation of surfaces. It will be one of the interesting and prospective ways which industries should make for the future.

#### REFERENCES

- (1) Complete works of ceramics material (Industrial Technical Center, 1979)  
p.534-p.535
- (2) T.Oki : Proceeding of "Recent ion plating technology and its application"  
(Technical Information Center, 1985), p.17, p.18
- (3) Onuki : J. Iron and Steel, Japan, 65, (1979), 789
- (4) M. Matsunaga et al.: Modern Technology of Special Surface Treatment,  
1985, CMC, pub. comp.
- (5) T.Oki, T.Cho : Bulletin of Japan Institute of Metals, 22, (1983), 723
- (6) Oki, Kim : J. Metal Finishing Soc. Japan, 35, (1984), 692
- (7) T.Oki : Proc. 7th ICVM 1982, (Tokyo), 110
- (8) T.Oki et al: J. Metal Finishing Soc. Japan, 35, (1984), 242
- (9) Sugiyama : J. Metal Finishing Soc. Japan, 35, (1984), 538
- (10) Nanba : J. Metal Finishing Soc. Japan, 35, (1984), 572
- (11) Otsuka : Materials for Section Meeting of Ion Plating, 3, (1985), 8
- (12) S. Setcka : J. Applied Physics, 52, (1983), 29
- (13) S. Setcka : J. Vacuum, 26, (1983), 7
- (14) Nomura et. al: J. Practical Surface Technology, 32, (1985), 42

## Recent Trends in Zinc and Zinc-Alloy Plating

THE FOLLOW-UP TEAM OF THE EX-PARTICIPANTS, JICA  
OF GROUP TRAINING COURSE  
ON METAL SURFACE MODIFICATION TECHNOLOGY

Hiroomi NOGUCHI  
Senior Research Officer  
Industrial Research Institute  
Aichi Prefectural Government

### Introduction

The loss caused by the corrosion in Japan is estimated about 4% of GNP (gross national products) according to the survey conducted by the anti-corrosion committee. Corrosion protection has been getting more important.

The history of zinc plating is very old and counted for more than 150 years. In spite of the progress in various technology, there are no other commonly electrodeposited metal but zinc that offer so much corrosion protection at a lower cost. Although zinc plating has been advanced remarkably, further improvement is expected. (Fig.1)

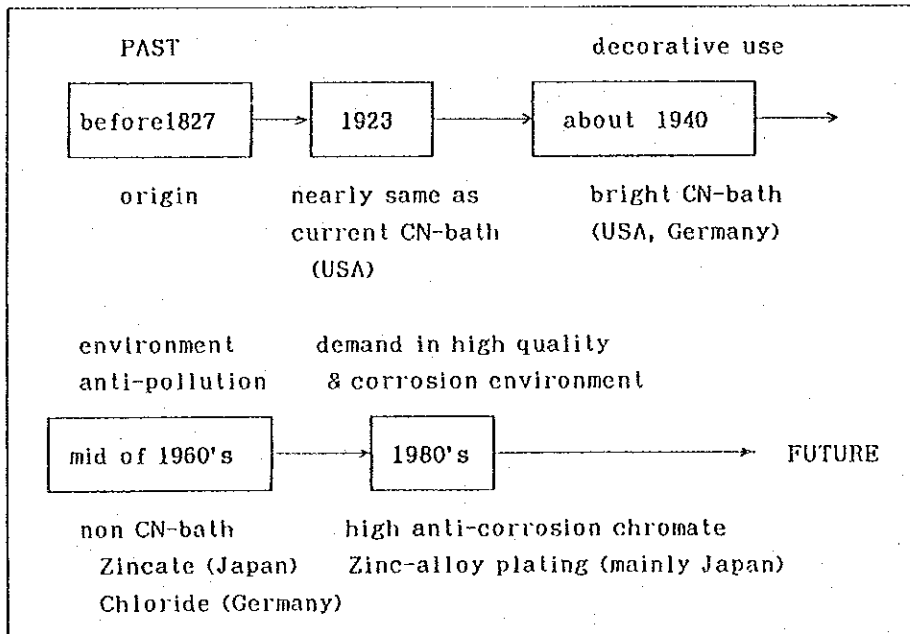


Fig. 1 The Progress Chart in Zinc Plating



In 1923, cyanide bath of which composition nearly same as currently used was developed in USA.

About 1940, full bright zinc cyanide processes were developed in both USA and Germany. It has become widely employed as a low cost deposit not only for anti-corrosion use but also decorative finishes. Furthermore, corrosion resistance to white rust can readily increased by chromate conversion coating.

In 1960's, due to the reason of environmental preservation or anti-pollution, and toxic problems, non-cyanide systems like zincate bath and chloride bath were developed mainly in Japan and Germany respectively.

Although the technology for pure zinc plating is relatively well established, the requirements of higher anti-corrosion finishes have increased in 1980's by the reasons described in Table 1, especially in automobile industry.

Table 1 Demands for high anti-corrosion

<ul style="list-style-type: none"> <li>·Need for higher quality and longer service life</li> <li>·Corrosion by salt laid on the road in winter season for safety traffic transportation (<i>e.g.</i> Northern America, Europe and restricted area of Japan)</li> <li>·Bad industrial environment (<i>e.g.</i> Acidic rain)</li> </ul>
---

Table 2 gives the ideas about the methods of improvement in corrosion protection. Here, I will deal mainly with high anti-corrosion chromate and zinc alloy plating.

Table 2 Methods of high protection

methods	comments
increase of thickness	possible but impractical in cost technical difficulties ( <i>e.g.</i> high speed plating)
multi layer	possible but impractical in cost
chromate film	good but not enough in protection
Zn- alloy plating with chromating	good

The motor car industry now demands that the protective plating will not show any signs of corrosion at least for 3 years by anti-corrosion code (e.g. Nordic anti-corrosion CODE for passenger cars, 1983). Fig.2 shows the

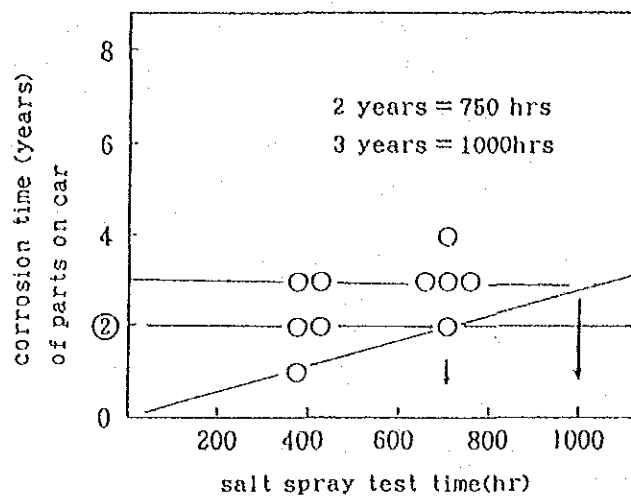


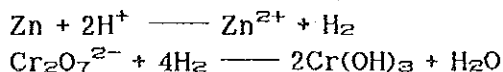
Fig.2 Relation between actual corrosion resistance of car on salting road and corrosion resistance by SST.

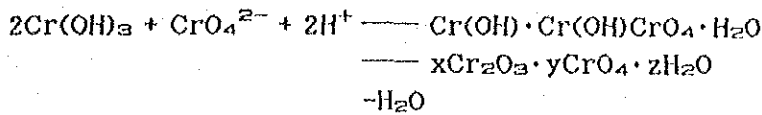
relationship between the actual corrosion resistance of car on the salting roads and salt spray test. Demanding requirement for corrosion resistance of various discrete parts such as fasteners and brackets is more than 1000 hours of salt spray test.

#### Chromate conversion coatings

Chromate conversion coatings are classified by color, which in turn identifies the film thickness and chromate content. Typical of these coatings are blue bright, yellow color, olive drab and black. Table 3 summarizes the properties of these types.(next page)

Mechanism of coating formation involves the dissolution of zinc metal into the chromating solution at given pH. At the interface, a region of higher pH is formed, then a layer of chromium hydroxide and basic metal chromate precipitate on the surface. The precipitated layer is gelatinous as formed, and known to include  $Cr^{+6}$ ,  $Cr^{+3}$ , zinc and other metals and water of hydration. The film, an amorphous gel, is relatively soft until dried in air. The following formula are proposed for chromating reactions.





Olive drab chromate film possesses high corrosion resistance. Fig. 3 shows schematic model of chromate film. Olive drab chromate has rather thicker and good adherent film than yellow colored chromate and contained higher concentration of Cr ion. When scratched or mechanically damaged, enough water is absorbed by the film to swell and mend at the damaged areas. This is the so called "self-healing effect". The higher the chromium content in the film, the better the self-healing and protective value.

Table 3 Types of Chromate conversion coating

type	salt spray resistance to white rust (hrs)	Cr amount in the film ( mg/m <sup>2</sup> )	
		total Cr	Cr <sup>6+</sup>
blue bright	~48	40~80	~10
yellow	96~120	100~200	20~40
black	96~120	300~500	40~70
olive drab	400~500	500~700	50~120

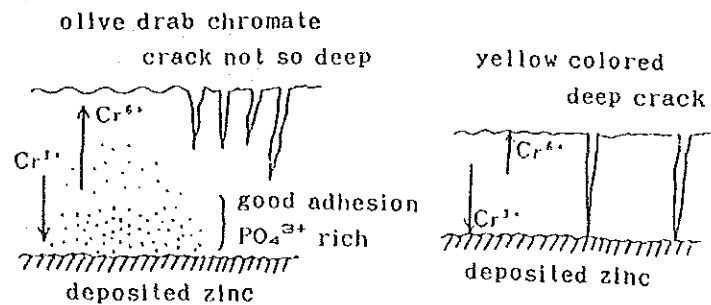


Fig.3 Schematic model of olive drab and yellow colored chromate film.

As shown in Fig. 4, olive drab film possesses best corrosion resistance. Table 4 lists the example solution composition of various chromate tried by our laboratory.

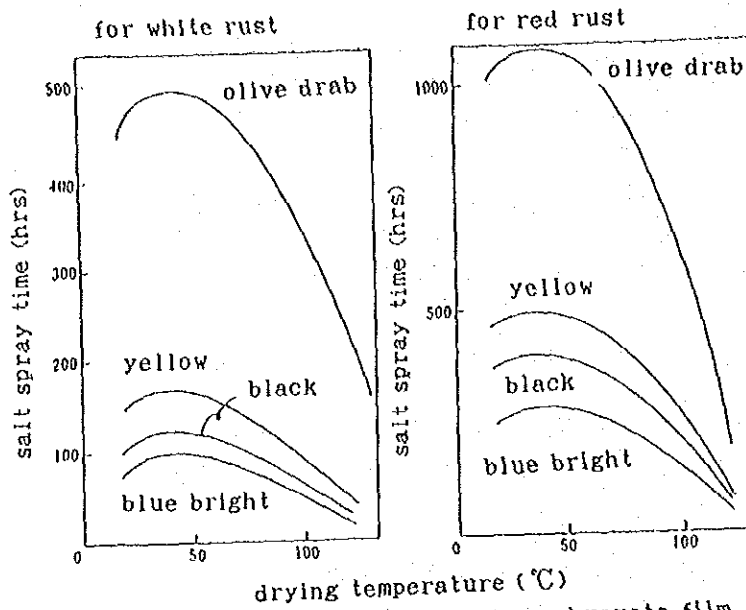


Fig.4 Corrosion resistance of various chromate film relating to drying temperature (Zn thickness  $5 \mu\text{m}$  with each chromating).

Table 4 Typical composition of chromating solution

<b>Blue bright</b>		<b>Yellow colored</b>	
$\text{CrO}_3$	1 g/L	$\text{CrO}_3$	5 g/L
KF	3	$\text{H}_2\text{SO}_4$	0.8 mL/L
$\text{HNO}_3$	4 mL/L	$\text{HNO}_3$	2
pH	$\sim 1.6$	pH	$\sim 1.6$
<b>Black</b>		<b>Olive drab</b>	
$\text{CrO}_3$	20 g/L	$\text{CrO}_3$	10 g/L
$\text{H}_2\text{SO}_4$	2 mL/L	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1 ml/L
$\text{CH}_3\text{COOH}$	10	$\text{H}_3\text{PO}_4$	2
$\text{H}_3\text{PO}_4$	3	$\text{HNO}_3$	1
10% $\text{AgNO}_3$	10	pH	$\sim 1.1$
pH	$\sim 1$		

## Zinc alloy plating

Due to the sacrificial corrosion mechanism of zinc plating on steel, it is obvious that improved protection can be obtained by increasing the thickness of zinc. However, this approach leads to other technical difficulties and is impractical in cost.

More better corrosion resistance can be given by using alloy plating of the same or even lower thickness than with pure zinc plating film.

Several zinc alloy plating systems are listed in Table 5.

Table 5 Zinc alloy plating used for rack or barrel plating

alloy system	properties
Zn-Sn(60~80%) (Dipsol Co.)*	◎ secondary workability ○ soldability △ high cost used for fuel parts but turning to Zn-Ni
Zn-Ni(6~8%) (Jasco) (Zinloy)** (Yuken Co.)	◎ resistance up to 200 °C(near engine) ◎ resistance of bare film × against SO <sub>2</sub> circumstance △ bath control
Zn-Fe(0.2~0.7) (Yuken Co.) (Dipsol Co.) (Jasco)	◎ resistance of chromate film, but without chromate, same resistance as Zn ◎ black chromate without silver ○ bath control
Zn-Co(0.5~1.5) (Zincrolyte)	not so popular in Japan, mainly in Europe estimated little inferior resistance than Zn-Ni and Zn-Fe

◎ superior    ○ good    △ not good    × inferior

\* Stanalloy: organic carboxylate type

\*\* Zinloy: acidic type

Today, I will explain about Zn-Ni plating as the example of alloy plating. There are two types of Zn-Ni plating bath; weak acidic and alkaline type as shown in Table 6. (next page)

Table 6 Composition of Zn-Ni plating bath

bath type	acidic(pH5.6~5.8)	alkaline
Zn <sup>2+</sup>	40~50 g/L	8~10 g/L
Ni <sup>2+</sup>	25~30	0.8~1
NH <sub>4</sub> Cl	200	-
NaOH	-	100~120
chelate	-	appropriate
brightener	appropriate	appropriate
C.D. (A/dm <sup>2</sup> )	2~5	0.2~10
temperature	33~37 °C	20~30 °C

It's very important to select the chelating agent (in alkaline bath) and the brighteners (in both baths). The chelate in alkaline bath acts to stabilize, not to precipitate Ni<sup>2+</sup> ion in the strong alkaline solution and adjust the Ni co-deposit ratio in the plated film.

Table 7 list the chelate agents for alkaline zincate-Ni alloy bath studied by our institute. In Fig. 5 the alloy compositions relating to the type of chelates are shown. The literature indicates that the corrosion resistance is maximum in Ni-codeposited amount ranging from 6 to 12 percent. Therefore, according to our test, HEEDA, EDA, PEHA are effective as the chelating agent.(next page)

Fig. 6 shows the alloy composition relating to current density in our research. Ni contents in alloy film increased with decreasing current density. Nevertheless, it is reported that Ni contents is almost constant in commercial alkaline zinc alloy bath shown in Fig. 7. (page 8 and 9)

Fig. 8 gives the information about corrosion resistance relating to alloy composition of Zn-Fe and Zn-Ni with yellow colored chromate. Corrosion resistance of Zn-alloy for red rust is higher by factor of 4 than for pure zinc. (page 9)

The results of our study about accelerated corrosion test will be shown using by slide films.

- Salt spray test (SST)
- Cyclic corrosion test (CCT)
- Sulphur dioxide test (SO<sub>2</sub>)

Finally, I conclude this report with Table 8. (page 9)

Table 7 Chelates for alkaline Zn-Ni plating bath studied

chelate	abbrevi- ation	Ni <sup>2+</sup> solubility (g/L)
Sodium tartrate	TA	0.63
Sodium gluconate	GA	0.22
Sodium cyanide	NaCN	1.0
Triethanol amine	TEA	0.01
Ethylene diamine	EDA	0.68
Pentaethylenhexamine	PEHA	0.6
N-hydroxyethyl ethylene diamine	HEEDA	0.80
Quadrol	QUR	0.14
Sodium ethylenediaminetetra acetate	EDTA	3.6
N-2-hydroxypropylethylenediamine	HPEDA	1.07

solution : chelate 0.068 mol/L  
 ZnO 0.12  
 NaOH 3  
 Ni<sup>2+</sup>(OH)<sub>2</sub> x g/L  
 after 2 days stirring

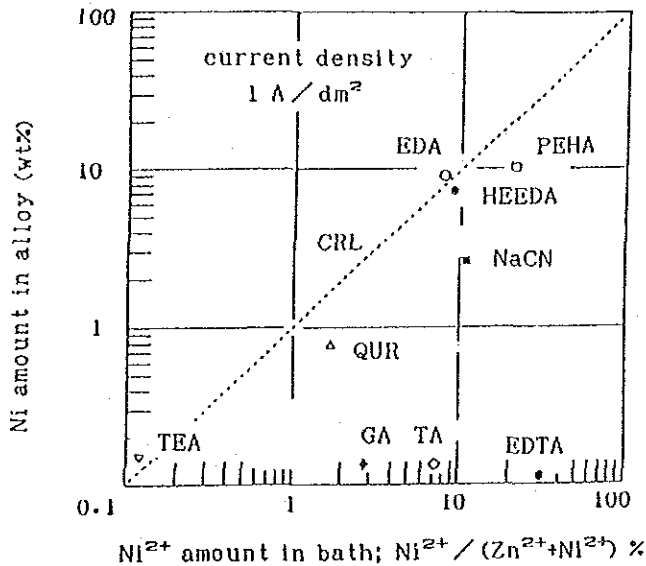


Fig. 5 Alloy composition relating to the type of chelating agent.

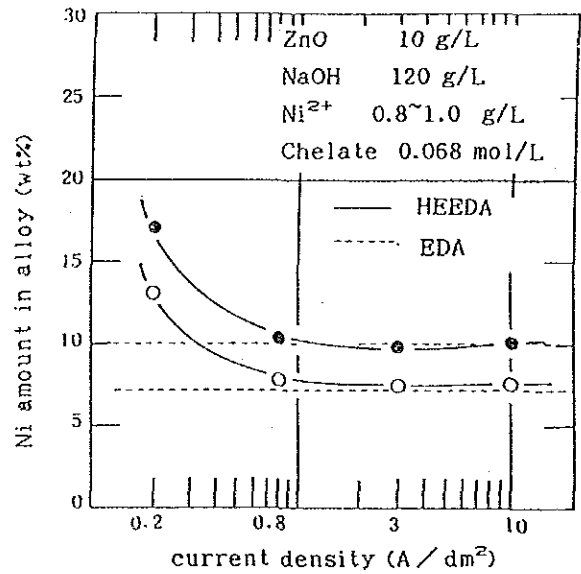


Fig. 6 Alloy composition relating to current density.

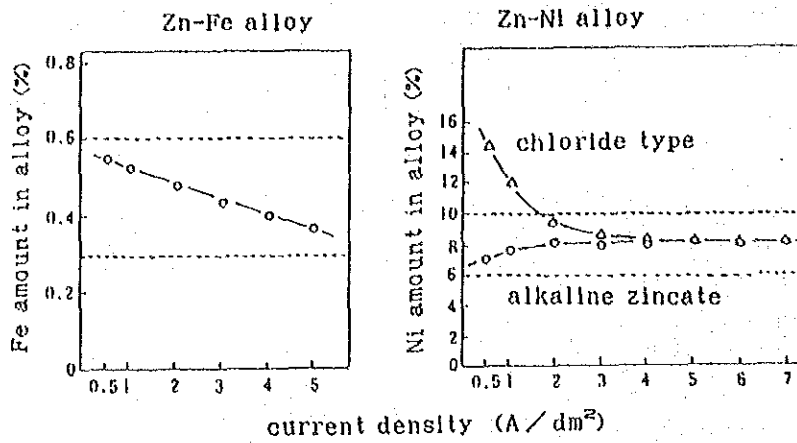


Fig. 7 Zinc alloy composition (of commercial system) relating to current density

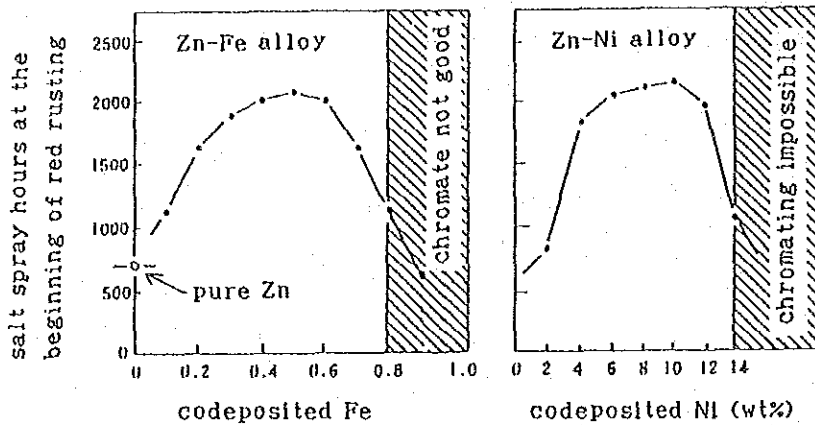


Fig.8 Corrosion resistance relating to alloy composition (plating thickness 5  $\mu$ m with yellow colored chromate).

Table 8 Comparison table of Zinc alloy plating system

alloy system	corrosion resistance			
	without chromate	yellow	black	olive
Zn-Fe	△	◎	◎*	-
Zn-Ni	◎	◎**	○	○
Zn-Co	△	○	○*	○
Zn-Sn	○	○	-	-

◎ superior      ○ good      △ same as zinc  
 - chromate impossible  
 \* without silver and superior resistance in SO<sub>2</sub>  
 \*\* same resistance at high temp. (~200 °C) but inferior in SO<sub>3</sub>



SUMMARY REPORT OF THE TECHNICAL FOLLOW-UP TEAM  
FOR JICA EX-PARTICIPANTS IN METAL SURFACE MODIFICATION  
AND TREATMENT TECHNOLOGY(Metal Finishing Engineering)

1. Introduction

Being dispatched by the Japan International Cooperation Agency as part of its technical follow-up programme for the ex-participants in Metal Surface Modification and Treatment Technology course, the team consisting of three members headed by Dr. Takeo Oki, Professor, Faculty of Engineering, Nagoya University arrived in Beijing on 14th of March, 1989 and conducted its follow-up activities for a period of 4 days.

The team has the pleasure to submit a summary report on the results of its study for the purpose of reference by the officials and engineers of the authorities concerned in the Government of Thailand.

2. Team Members

(1) Team Leader,                      Dr. Takeo Oki  
    Technical Advisor:                Professor, Faculty of Engineering  
    Nagoya University

(2) Technical Advisor:                Mr. Hiroomi Noguchi  
    Senior Research Officer,  
    Industrial Research Institute,  
    Aichi Prefectural Government

(3) Coordinator:                      Mr. Kanji Takeuchi  
    Senior Training Officer  
    Nagoya International Training  
    Center, JICA

### 3. Objectives

The dispatch of the team is primarily aimed at reviewing, assessing and evaluating the fruits of the training in Japan by visiting the organizations to which ex-participants belong, as well as through personal interview with ex-participants and their superiors.

The second aim of the team is to have a technical discussion meeting in order to find out the needs, effectiveness and evaluations of the training programme, and to make further improvements for the training course.

### 4. Summary of the follow-up Activities & General Impression

We conducted;

- interview with responsible officials of the government organization for selection of participants' nominating department,
- interview with managers of the participants sending organizations,
- interview with ex-participants,
- seminar with ex-participants and their superiors, responsible engineers and staffs and also officials related to this field.

Out of our discussion and observation, we could confirm the following;

- (1) The concerned personnel interviewed highly evaluate the results of the training in Japan, expecting at the same time the possible future further improvements of the training.

(2) Major reasons for high evaluation of the training programme are;

- a) not only top level organizations and factories but also smaller plants of them are included in the curriculum,
- b) high technology materials and their surface finishing and modification included in the curriculum and also necessary production techniques are included in the curriculum.

(3) Basic policy of candidate participant's selection has been well made in Thailand.

- a) high level engineers have been nominated,
- b) nomination has been made exclusively to the people related to metal surface modification & treatment technology,
- c) such personnel in the position can give multiplier effect to metal surface modification & treatment industries in the country.

We consider that the applicant selection (nomination) has properly and effectively been made in this country.

(4) Ex-participants are requested, upon their return to the country, to report about the contents of the training to their sending organization, and their knowledge and techniques obtained are appreciated.

(5) The organization selecting participants' nominating department considers that the follow-up activities of this time are significant.

(6) All the ex-participants we interviewed have been trying their best for betterment of this technology by use of obtained knowledge and techniques in the training in Japan.

- (7) All participants we interviewed like to have technical information about the metal surface modification & treatment technology in Japan
- (8) Metal surface modification & treatment industries in this country are active and although there mabe some difficulties and problems, great efforts are being made for the development of the industry. And the team consider that these industries of this country will be in good expansion by thes peoples' efforts in near future.

Finally, the Team would like to express sincere appreciation of the Government of Thailand, the organizations the team visited, the Embassy of Japan and the JICA Thailand Office.

The 13th of March, 1989.

*Takeo Oki*

---

Dr. Takeo Oki

The Leader, the Follow-up Team for the  
ex-participants of the Metal Surface  
Modification & Treatment Course

SUMMARY REPORT OF THE TECHNICAL FOLLOW-UP TEAM  
FOR JICA EX-PARTICIPANTS IN METAL SURFACE MODIFICATION  
AND TREATMENT TECHNOLOGY(Metal Finishing Engineering)

1. Introduction

Being dispatched by the Japan International Cooperation Agency as part of its technical follow-up programme for the ex-participants in Metal Surface Modification and Treatment Technology course, the team consisting of three members headed by Dr. Takeo Oki, Professor, Faculty of Engineering, Nagoya University arrived in Beijing on 14th of March, 1989 and conducted its follow-up activities for a period of 4 days.

The team has the pleasure to submit a summary report on the results of its study for the purpose of reference by the officials and engineers of the authorities concerned in the Government of The Peoples' Republic of China.

2. Team Members

(1) Team Leader, Dr. Takeo Oki  
Technical Advisor: Professor, Faculty of Engineering  
Nagoya University

(2) Technical Advisor: Mr. Hiroomi Noguchi  
Senior Research Officer,  
Industrial Research Institute,  
Aichi Prefectural Government

(3) Coordinator: Mr. Kanji Takeuchi  
Senior Training Officer  
Nagoya International Training  
Center, JICA

### 3. Objectives

The dispatch of the team is primarily aimed at reviewing, assessing and evaluating the fruits of the training in Japan by visiting the organizations to which ex-participants belong, as well as through personal interview with ex-participants and their superiors.

The second aim of the team is to have a technical discussion meeting in order to find out the needs, effectiveness and evaluations of the training programme, and to make further improvements for the training course.

### 4. Summary of the follow-up Activities & General Impression

We conducted;

- interview with responsible officials of the government organization for selection of participants' nominating department,
- interview with managers of the participants sending organizations,
- interview with ex-participants,
- seminar with ex-participants and their superiors, responsible engineers and staffs and also officials related to this field.

Out of our discussion and observation, we could confirm the following;

- (1) The concerned personnel interviewed highly evaluate the results of the training in Japan, expecting at the same time the possible future further improvements of the training.

(2) Major reasons for high evaluation of the training programme are;

- a) not only top level organizations and factories but also smaller plants of them are included in the curriculum,
- b) high technology materials and their surface finishing and modification included in the curriculum and also necessary production techniques are included in the curriculum.

(3) Basic policy of candidate participant's selection has been well made in the Peoples' Republic of China:

- a) high level engineers have been nominated,
- b) nomination has been made exclusively to the people related to metal surface modification & treatment technology,
- c) such personnel in the position can give multiplier effect to metal surface modification & treatment industries in the country.

We consider that the applicant selection (nomination) has properly and effectively been made in this country.

(4) Ex-participants are requested, upon their return to the country, to report about the contents of the training to their sending organization, and their knowledge and techniques obtained are appreciated.

(5) The organization selecting participants' nominating department considers that the follow-up activities of this time are significant.

(6) All the ex-participants we interviewed have been trying their best for betterment of this technology by use of obtained knowledge and techniques in the training in Japan.

- (7) All participants we interviewed like to have technical information about the metal surface modification & treatment technology in Japan
- (8) Metal surface modification & treatment industries in this country are starting and a lot of difficulties and problems have been under solution as Japan had before and great efforts is made in the past and for the future. The team consider that these industries of this country will be in good expansion by thes peoples' efforts in near future.

Finally, the Team would like to express sincere appreciation of the Government of Peoples' Republic of China, the organizations the team visited, the Embassy of Japan and the JICA China Office.

The 18th of March, 1989.

*Takeo Oki*

---

Dr. Takeo Oki

The Leader, the Follow-up Team for the  
ex-participants of the Metal Surface  
Modification & Treatment Course



面接者記録 Record of personnels 〇 印本コース ▲ 印他コース

	No	Name	Present post & Employer
	1	Mr. Tsutomu Saito	Director, JICA Thailand Office
	2	Mr. Tatsuo Suzuki	Senior Officer, "
	3	Mr. Takashi Yoshida	Senior Officer, "
	4	Mr. Aehari Yukutanandana	Chief, Japan Sub Division, DTEG
▲	5	Mr. Taveseen Yenpium	Training incharge, "
	6	Mr. Tirath Viputtikulvart	Technical Staff, "
	7	Mr. Tsutomu Nagae	Coordinator, JICA Team, MIDI
▲	8	Dr. Damri Sukhotanang	Director, MIDI
	9	Dr. Chareon Vashrengsi	Director General, Dept. of Science S.
	10	Mr. Bantano Tanta	Acting Director, Physics "
▲	11	Mrs. Phoka Singhviwat	Scientist, "
〇	12	Mrs. Chanpen C.	Scientist, "
〇	13	Ms. Premjai A.	Scientist, "
〇	14	Mr. Tanvirat L.	Scientist, "
〇	15	Mrs. Saipin S.	Scientist, "
〇	16	Mr. Nibon	Scientist, "
▲	17	Ms. Suchinda C.	Scientist, Ceramic Div. "
▲	18	Ms. Tidapen	Scientist, Ceramic Div. "
▲	19	Ms. Sueena P.	Scientist, Ceramic Div. "
▲	20	Ms. Lada P.	Scientist, Ceramic Div. "
▲	21	Mr. Pinit W.	Scientist, Ceramic Div. "
〇	22	Mr. Anack Chomchum	Chief, Mechanical, Minburi Techn. College

面接者記録 Record of personnels 0 印本コース ▲印他コース

	No	Name	Present post & Employer
▲	23	Dr. Kosol Petchswan	Rector, King Mongkut' Inst. of Techn.
▲	24	Mr. Somkiat Supadech	Director, Electronics, "
▲	25	Mr. Manas Sangworasit	Associate Prof. "
○	26	Mr. Pornsak Attavanich	Dept. Mechanical Engineering "
▲	27	Mr. Chaow Nieumarsorn	"
▲	28	Mr. Satit	"
▲	29	Mr. Boonsanon	"
	30	Dr. Ruttikorn V.	Dept. Electronics "
	31	Mr. Chalor Saingam	Teacher Technical, MIDI
	32	Mr. Pakdi T.	Metallurgical Eng. MIDI
○	33	Mr. Pansa Buranawanich	Dept. of Mineral Resources
○	34	Mr. Detachana	"
○	35	Dr. Choko Tereza V.	King Mongkut' Inst. of Techn.
○	36	Mr. Kasemchai Boonpen	Rajamangala Inst. of Techn.
○	37	Mr. Manop Sritulyachot	"
○	38	Ms. Ratanaporn K.	Textile Research Institute
▲	39	Mr. Paitool Cholswasdi	State Railway of Thailand
▲	40	Mr. Kiatpon	"
▲	41	Mr. Kasem Mondtavorn	Royal Irrigation Dept.
▲	42	Mr. Eakasit Dontri	"
▲	43	Mr. Udom Sieuprayura	High Pressure Pipe Fitting
○	44	Mr. Anan Thongmon	Head, Metal Finishing, MIDI
	45	Mr. M. Aoyama	President, Aoyama Thai Co.
	46	Mr. K. Asade	Managing Director, Aoyama Thai Co.
	47	Mr. Tsuneo Yamashita	Tech. Advisor, Thai Malleable Co.
	48	Mr. T. Inoue	Aichi Thai Office
	49	Mr. H. Asada	"

面接者記録 Record of personnels 0 印本コース ▲印他コース

No	Name 氏名	Present post & Employer 現職・所属先
1	佐藤 保雄	JICA 中国事務所副所長
2	神谷 克彦	” 高級事務員
3	鈴木有津子	” 事務員
4	周 衛	” 現地要員・通訳
5	劉 永翔	国家科学技術院会国際科技合作局長
6	張 慧春	国家科学技術院亜非處副處長
7	葉 冬柏	国家科学技術院亜非處工程師
8	林 一雄	冶金工業部外事司副司長
9	張 形	冶金工業部外事亦公室秘書
10	欣 大琴	冶金工業部外事亦公室副主任
11	干 立	冶金工業部外事司連絡處長
12	陸 胤珊	冶金工業部科学技術司高級工程師
13	翁 宇床	冶金工業部鋼鐵研究總院高級工程師
14	李 向陽	冶金工業部鋼鐵研究總院金属腐蝕工程師
15	林 清英	”
▲ 16	潘 余山	”
17	陳 萌嬌	”
18	英 伯群	”
19	高 令通	”
20	張 玉惠	”
21	陸 正良	”
22	吳 幼林	”
23	王 錦姉	”
24	対 頤	”
○ 25	王 鴻生	”

面接者記録 Record of personnels 0 印本コース ▲印他コース

	No	Name 氏名	Present post & Employer 現職・所属先
	26	王 向東	”
	27	干 殿敦	”
	28	王 社管	”
	29	易 永跂	”
	30	欣 大参	”
○	31	張 海燕	武漢材料保護研究所質付主任
	32	皇 甫驛	機械電子工業部北京機電研究所高級工程師
	33	吳 来	” 工程師
	34	方 道曾	” 高級工程師
	35	趙 燕	” 外事科
	36	李 社劍	” 所長・高級工程師
▲	37	李 曉蓓	” 工程師
▲	38	王 建中	” 工程師
	39	由 錫泉	北京電鍍廠・廠長・高級工程師
	40	周 仲凡	” 工程師
○	41	陶 世武	” 研究所副所長
	42	梁 慧	” 技術員
▲	43	伝 依林	衡陽燃料噴射ポンプノズル工場工程師
▲	44	夏 家驪	湖北省大冶製鋼所助理工程師

記録は完全なものではなく、記録もれの場合はお許し下さい。

1) 金属表面ファローアップ (タイ国)

No	Name of the ex-participants	Post at the participated year	Year participated	Course attended	Home address	Remarks
1	Mr. Narong Seewan	Lecturer, Kaophangphet Technical College カンプンペンット技術大学講師	1988. 4. 7. ~ 1988. 9. 24.	Metal Surface Modification (金表)		
2	Mr. Anack Chonchum	Chief, Mnschine Shop, Minburi Technical College ミンブリ技術大学機械工学課長	1987. 4. 9. ~ 1987. 9. 26.	Metal Surface Finishing (金表)		
3	Ms. Premjai Neensuk (訪1)	Scientist 4, Div. of Physics & Engineering, Dept. of Science Service, Ministry of Science Techn. & Energy 科学省物理化学技術部科学官	1986. 4. 3. ~ 1986. 9. 28.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 1
4	Ms. Narmol Vachirapatana (訪1)	Scientist 5, Div. of Physics & Engineering, Dept. of Science Service, Ministry of Science Techn. & Energy 科学省物理化学技術部科学官	1985. 4. 4. ~ 1985. 9. 30.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 1
5	Ms. Chanpen Chaitheerapakul (訪1)	Scientist 5, Div. of Physics & Engineering, Dept. of Science Service, Ministry of Science Techn. & Energy 科学省物理化学技術部科学官	1985. 4. 4. ~ 1985. 9. 30.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 1
6	Mr. Yosyong Surakitbanharn (訪2)	Junior Scientist, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Resources, Ministry of Industry 工業省鉱物資源局金属部技官	1984. 4. 3. ~ 1984. 9. 29.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 2
7	Ms. Saipin Seubsantikul (訪1)	Scientist 5, Div. of Physics & Engineering, Dept. of Science Service, Ministry of Science Techn. & Energy 科学省物理化学技術部科学官	1984. 4. 3. ~ 1984. 9. 29.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 1
8	Mr. Dechana Chutinara (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Resources, Ministry of Industry 工業省鉱物資源局金属部技官	1983. 4. 1. ~ 1983. 9. 30.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 2
9	Mr. Manop Suriuliyachot	Lecturer, Inst. of Technological & Vocational Train- ing, Thanon Samsen タノンサムセン職業技術高等専門学校講師	1982. 4. 1. ~ 1982. 10. 1.	Metal Surface Finishing (金表)		
10	Mr. Manu Chitasing	Teacher, Inst. of Technological & Vocational Train- ing, Songkhura ソンクラ職業技術高等専門学校講師	1980. 4. 3. ~ 1980. 10. 31.	Metal Surface Finishing (金表)		
11	Mr. Pornsak Attavanich (訪3)	Instructor, Mech. Eng. Kingmonkut Inst. of Technology モンクット王工科大学機械工学科指導官	1978. 4. 6. ~ 1978. 9. 30.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 3
12	Ms. Ratanaporn Kongsuwan (訪4)	Chemist, Electroplating Section, Industrial Service Institute, Ministry of Industry 工業省工業振興局工業指導所技官	1977. 5. 5. ~ 1977. 9. 30.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 4
13	Ms. Sansanee Supapa (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Resources, Ministry of Industry 工業省鉱物資源局金属部技官	1976. 4. 8. ~ 1976. 9. 30.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 2
14	Mr. Anan Tongton (訪4)	Engineer, Electroplating Section, Industrial Service Institute, Ministry of Industry 工業省工業振興局工業指導所技官	1972. 4. 5. ~ 1976. 10. 4.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 4
15	Mr. Nibhon Patanangkura (訪1)	Scientist 5, Div. of Physics & Engineering, Dept. of Science Service, Ministry of Science Techn. & Energy 科学省物理化学技術部科学官	1968. 6. 15. ~ 1968. 12. 20.	Metal Surface Finishing (金表)		訪問 1

本コーナー帰国研修員、(訪1) = 5名、(訪2) = 3名、(訪3) = 1名、(訪4) = 2名

2) 同上、上記4訪問機関におけるJICA名古屋センターの他コース補国研修員

No	Name of the ex-participants	Post at the participated year	Year participated	Course attended	Home address	Remarks
1	Mr. Wachira Methong (訪3)	Instructor, Mechanical Dept. Kingmonkut' Inst. of Tech モンクット王工科大学機械工学科指導官	1981.10. 5. ~ 1982. 1.19	Tooling & Practical Eng. (治工具)		
2	Mr. Phaioul Choopungartn (訪4)	Engineer, Industrial Service Institute, 工業省工業振興局工業指導所技官	1981.10. 1. ~ 1982. 7. 2.	Metal Works Engineer. (金属加工)		
3	Mr. Boonsanong Ratana Soontreagl (訪3)	Instructor, Mechanical Dept. Kingmonkut' Inst. of Tech モンクット王工科大学機械工学科指導官	1985. 9.25 ~ 1986. 5.30.	Metal Works Engineer. (金属加工)		
4	Mr. Soadech Morntrivisai (訪4)	Engineer, Industrial Service Institute, 工業省工業振興局工業指導所技官	1983. 1. 3. ~ 1983. 7. 1.	Metal Works Engineer. (熱処理)		
5	Ms. Naporn Aroonkiatpong (訪4)	Engineer, Industrial Service Institute, 工業省工業振興局工業指導所技官	1982. 1.21. ~ 1982. 7. 2.	Heat Treatment Techn. (熱処理)		
6	Mr. Yukul Julapai (訪3)	Instructor, Mechanical Dept. Kingmonkut' Inst. of Tech モンクット王工科大学機械工学科指導官	1983. 4. 1. ~ 1983.12.16.	Welding Technology (溶接)		
7	Mr. Dokkiang Prabhaid (訪4)	Engineer, Industrial Service Institute, 工業省工業振興局工業指導所技官	1975. 9.25. ~ 1976. 3.31.	Welding Technology (溶接)		
8	Mr. Satit Champen (訪3)	Instructor, Mechanical Dept. Kingmonkut' Inst. of Tech モンクット王工科大学機械工学科指導官	1984.10.22. ~ 1985. 3.13.	Elect. Steel Making (電気製鋼)		
9	Mr. Charikom Jarapisithorn (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Res 工業省鉱物資源局金属部技官	1984. 1. 5. ~ 1984. 5.13.	Elect. Steel Making (電気製鋼)		
10	Mr. Narong Akkarapattanaagoon (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Res 工業省鉱物資源局金属部技官	1983. 1. 6. ~ 1983. 5.15.	Elect. Steel Making (電気製鋼)		
11	Mr. Pornsak Attavanich (訪3)	Lecturer, Mechanical Dept. Kingmonkut' Inst. of Tech モンクット王工科大学機械工学科講師	1986. 8.14. ~ 1986. 3.27.	Foundry Engineering (铸造)		
12	Mr. Chaow Niumorn (訪3)	Lecturer, Mechanical Dept. Kingmonkut' Inst. of Tech モンクット王工科大学機械工学科講師	1978. 7.25. ~ 1978. 3.31.	Foundry Engineering (铸造)		
13	Mr. Udow Siewprayura (訪4)	Engineer, Industrial Service Institute, 工業省工業振興局工業指導所技官	1970. 9.25. ~ 1971. 3.31.	Foundry Engineering (铸造)		
14	Mr. Kowit Yaengarmue (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Res 工業省鉱物資源局金属部技官	1987. 9.25. ~ 1988. 3.31.	Foundry Engineering (铸造)		
15	Mr. Tawat Watana (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Res 工業省鉱物資源局金属部技官	1986. 9. 1. ~ 1987. 3.31.	Foundry Engineering (铸造)		
16	Mr. Wichai Oopapong (訪2)	Metal Engineer, Metallurgy Div., Dept. of Mineral Res 工業省鉱物資源局金属部技官	1985. 9.15. ~ 1986. 5.14.	Foundry Engineering (铸造)		

本コース外関係訪問機関補国研修員、(訪1) = 0名、(訪2) = 5名、(訪3) = 6名、(訪4) = 5名

1. The Peoples' Republic of China(中国)  
List of the ex-participants in Metal Surface Treatment & Modification Technology(Finishing Engineering) 金屬表面改質技術(表面處理)コース

No	Name of the ex-participants	Post at the participated year	year participated	Present post	Home address	Remarks
1	Ms.Wu Yinan	Group Leader, The Shanghai Light Industrial Research Institute. 上海輕工業研究所 班長	1981.4.9 ~ 1981.9.27		Lane 214, House No 11, Chang Chuen Rd. Shanghai	
2	Mr.Tao Shiwu 陶世武	Engineer, The Beijing General Electroplating Factory, The Chao Yang District, Beijing 北京綜合電氣鍍金工場 工程師	1982.4.1 ~ 1982.10.1		No.1 Side Road 3, Tai Ji Chang St., East City, Beijing	
3	Mr.Zang Yu-Lin	Engineer, Xian Aircraft Company, Xian, Shanxi, China 西安航空總社 工程師	1983.4.1 ~ 1983.9.30		C/O Xian Aircraft Company	
4	Mr.Geng Yun-Yan	Assistant Engineer, Ferrous Metal Research Dept., Luoyang Ship Material Research Institute 洛陽船舶材料研究所黑色金屬研究室 助理工程師	1984.4.3 ~ 1984.9.29		Yuansi County Hebei Province	
5	Mr.Huang Hongsheng 黃鴻生	Assistant Engineer, Central Iron & Steel Research Institute 鋼鐵研究總院 助理工程師	1985.4.4 ~ 1985.9.30		13 Taipingshuang Outside XZizhimen, Beijing	
6	Mr.Xi Zhengfeng 席振峰	Assistant Researcher, Henan Institute of Chemistry 河南省科學院化學研究所 研究助手	1985.4.4 ~ 1985.9.30		Henan Institute of Chemistry, Zhengzhou Henan Province	
7	Mr.Zhang Hai-Yan 張海燕	Engineer, Electro-Chemistry Dept., Wuhan Research Institute of Material Protection 武漢材料保護研究所 技師	1986.4.3 ~ 1986.9.23		Wuhan Research In. of Material Protec Wuhan.	
8	Mr.Li Ji-Yan 李	Assistant Engineer, Institute of Technical Physics of Heilongjiang Academy of Science, Heilongjiang Province, China 黑龍江省技術物理研究所 助理工程師	1988.4.7 ~ 1988.9.24		No.72 Block 529 Ji-an St. Ping Fan D. Heilongjiang, China	

PS1. The Peoples Republic of China(中国)

1) List of the ex-participants in other training courses at NITC, JICA その他の研修コース JICA 名古屋センター (铸造)

No	Name of the ex-participants	Post at the participated year	Year participated	Present post	Home address	Remarks
1	Mr. Lin You-Jun 林	Engineer, Section of Forging & Casting, Shengyang Tractor Plant シエンヤントラクター工場铸造工部	1982.8.12 ~ 1983. 3.27		15-36 Zhong Gong St. Tixi, Shengyang	
2	Mr. He Jiang-Ai 何 英爱	Teaching & Studying Foundry Engineering, Northeast Institute of Technology, Liaoning Province, 东北工学院 铸造课	1983.8.11 ~ 1984. 3.26		Bing Hu Li 24-243 Liaoning 遼寧	
3	Mr. Qiang Bin Wu	Researcher, Chinese Academy of Agricultural Mechanization & Science, No.1 Beishantan, Deshengmen, Beijing 中国農業機械化学学院研究员 北京 北沙滩1号 德胜门	1984.8.15 ~ 1985. 3.23		No.1, Beishantan Deshengmen Wai, 北京	
4	Ms Zhang Cai-Hong	Engineer, Baoji Petroleum Machinery Manufacturing Plant, Baoji Shaansi 宝鸡石油机械厂 工程师	1985.8.15 ~ 1986. 3.28			
5	Mr. Xue Xiang	Engineer, Shenyangron Research Institute of Foundry, Liaoning 沈阳铸造研究所 技师	1986.8.14 ~ 1987. 3.27			
6	Mr. Wu Qiang 武 强	Engineer, Foundry Process Dept., Manufacturer of Diesel Engine Inst., Shanghai Hudong Shipyard, China Shipbuilding Corporation 中国造船公司铸造部 技师	1987.8.13 ~ 1988. 3.13		Shanghai Hu-Dong Shipyard.	

2) List of the ex-participants in other training courses at NITC, JICA その他の研修コース JICA 名古屋センター (電気製鋼)

1	Mr. Wei-Li Li	Engineer of Silicon Steel Group, General Iron & Steel Institute, 中央钢铁研究所硅钢部研究员 技师	1981.1.15 ~ 1981. 5.10		Middle School Atta- ched Beijing Medi- cal Institute, Beijing	
---	---------------	--	------------------------	--	--	--

3) List of the ex-participants in other training courses at NITC, JICA その他の研修コース JICA 名古屋センター (金属加工)

1	Mr. Zhou Jiang	Technical Service Engineer, Techno-Scientific Information Research Institute, Ministry of Machine Building Industries 机械部科学研究所 技术指导员	1982.9.23 ~ 1983. 7. 7			
2	Mr. Shaoing Zhang	Assistant Engineer, Machine Design & Material Researches, Machinery Research Institute, Liaoning 机械研究所 研究员 补佐	1983.9.22 ~ 1984. 7. 1			
3	Ms. Shao-Pei Li 李	Engineer, Research Institute of Machinery Science & Technology, Ministry of Machine Building Industry, Qinghua East Road, Beijing 国立机械研究所 技师	1984.9.27 ~ 1985. 7. 1			
4	Mr. Yuan Su-Ming	Assistant Mechanical Engineer, Kunming Design & Research Institute 云南省科学技术委员会设计研究所 技师 补	1985.9.26 ~ 1985. 6.30			
5	Mr. Yuan Je-Feng	Lecturer, Dept. of Mechanical Engineering, Yunnan Institute of Techn. 云南省工学院 机械工学科 讲师	1986.9.25 ~ 1986. 6.26			
6	Mr. Li Wei-Ming	Mechanical Engineer, Sichuan Machine Research & Design Institute 四川机械设计研究所 机械技师	1987.10.22 ~ 1988. 6.24			



4) List of the ex-participants in other training courses at NITC, JICA その他の研修コース JICA 名古屋センター (機処理)

1	Mr. Feng-Liang Li	Research Engineer, Research Institute of Iron & Steel, Ansan Iron & Steel, Liaoning 鞍山鉄鋼研究所研究員	1983. 1. 6~1983. 7. 1		
2	Mr. Ruaxin Cao	Engineer, Xian Electric Furnace Research Institute, Ministry of Machine Building Industry, Fengden Road, Xian Shanxi 西安電氣炉研究所技師	1984. 1. 5~1984. 7. 1		
3	Mr. Hai De Shen	Engineer, Shanghai Machinery Manufacture Technology Research Inst. 上海機械製造技術研究所研究員	1986. 1. 7~1986. 6. 30		
5	Mr. Lin Lin 林 林	Assistant Engineer, Metallic Material Research Institute 山東省科學院 金屬材料研究所 技師補	1987. 1. 8~1987. 6. 28		
6	Mr. Song Xiuxi 宗	Assistant Engineer, Heat Treatment Lab., Gansu University of Techn. Assistant Engineer, Heat Treatment Lab., Gansu University of Techn.	1988. 1. 7~1988. 4. 30		

4) List of the ex-participants in other training courses at NITC, JICA その他の研修コース JICA 名古屋センター (溶接)

1	Mr. Li Ming-Xian	Engineer, Research Institute of Machinery Science & Technology 1st Ministry of Machine Building Industry 機械科學技術研究院 技師	1981. 6. 25~1982. 1. 29		
2	Mr. Yao Shun	Lecturer, Shanghai Jiao-Tong University 上海交通大学 講師	1983. 4. 1~1983. 12. 26		
3	Mr. Hu Bin	Engineer, Dept. of Welding Research, Shanghai Shipbuilding Techn. Research Institute, 851 Zong Sang Nang Er Ru, Shanghai 上海船舶工業總公司 技師	1984. 4. 3~1984. 12. 27		
4	Mr. Li Zong	Welding Assistant Engineer, Beijing Metal Construction Works 北京金屬結構廠 溶接技師補	1985. 4. 4~1985. 12. 27		
5	Mr. Hang-xin Liu	Assistant Engineer, Harbin Research Institute of Welding ハルビン溶接研究所 技師補	1986. 4. 3~1986. 12. 26		
6	Mr. Wang Shao-Qi	Technology Section Chief Assistant Engineer, Xiantan Electric Mfg. 湘電氣製造公司溶接技術課長補佐	1987. 4. 2~1987. 11. 8		

4) List of the ex-participants in other training courses at NITC, JICA その他の研修コース JICA 名古屋センター (油工具)

1	Mr. Yue Xian He 賀 月憲	Assistant Engineer, Shanghai Tools Industries Corporation 上海工具工業公司 技師補	1982. 9. 23~1983. 3. 27		
2	Mr. Wu Lan	Assistant Engineer, Milling Machine Research Institute, Beijing No.1 北京第1機械公司ライヌ盤研究院 技師補	1983. 9. 22~1984. 3. 26		
3	Ms. Liu Li-Hua	Mechanical Engineer, ZheJiang Science & Technology	1985. 9. 26~1986. 3. 28		
4	Mr. Duan Da-Peng	Assistant Engineer, Xian High Voltage Apparatus Works 西安高電圧機器廠 技師補	1986. 9. 25~1987. 3. 27		
5	Mr. Ping Li	Assistant Lecturer, Jilin Institute of Technology	1987. 10. 10~1988. 6. 10		