

.....
技術報告

UDC 669.14-415-122.2 : 621.785.3-114 : 620.172 : 620.162.2

U A D 焼 鈍 に つ い て*

松永 寿男**・平野 坦**・佐藤 益弘**

小久保一郎**・片井 協一**・郡田 和彦**

Unitized Annealing Department System*Toshio MATSUNAGA, Hiroshi HIRANO, Masuhiro SATŌ,
Ichirō KOKUBO, Kyoichi KATAI, and Kazuhiko KOURITA***Synopsis:**

In the annealing process of cold rolled strip, the batch annealing has been a prevailing method.

Although several improvements have been made in this field for these twenty years, some difficulties in saving personnel, labour environment, and productivity still remain.

UAD (Unitized Annealing Department) system. was developed to solve these problems in 1966.

The newest system was adopted at Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd. and has been successfully in production.

UAD system consists of loose coiling unit, "VERTOHORT" tight coiling unit, box shaped furnaces, and automated transfer cars, and it can handle the maximum charge weight of 100 t for open coil and 200 t for tight coil annealing.

The advantages of UAD are as follows.

1. Lower capital investment.
2. Lower processing cost.
3. Excellent productivity.
4. Clean strip surface.
5. Uniform quality along the full strip length.
6. Easy adoption of full automatic operation.

1. ま え が き

オープンコイル焼鈍方式は 1958 年米国 Lee Wilson 社によつて開発され、脱炭、脱窒処理などの高級冷延鋼板の製造、普通冷延鋼板の迅速熱処理方法として発展してきた¹⁾。1975 年現在、わが国の焼鈍設備能力 130 万トン/月のうち、シングルスタック 63%、マルチスタック 24% の両タイト焼鈍方式とならんで、オープンコイル焼鈍方式は 13% を占めており、炉 82 基、ベース 182 が設置されている。

UAD (Unitized Annealing Department) 焼鈍方式は、従来のベル形オープンコイル焼鈍方式のもつ生産性、省力、労働環境、自動化の各問題点を解決するものとして、1966 年に開発され Sharon Steel (米国) に設

置された²⁾。わが国においては 1972 年、神戸製鋼加古川製鉄所に設置され順調な操業をつづけている³⁾。この報文では UAD 焼鈍設備の特長、操業および製品の品質について述べる。

2. 設 備

この設備は、オープンコイル焼鈍を基本とするが、同一炉にてマルチスタックのタイトコイル焼鈍も高能率で可能な設備となつている。

2-1 設備の構成

UAD 焼鈍設備は、Fig. 1 の設備配置図に示したように、定置形焼鈍炉 36 基を中心として、焼鈍前のオープンコイルをつくるパーティカル・ルーズコイルリングユニット、焼鈍後にオープンコイルをタイトコイルに巻き

* 昭和 49 年 11 月本会講演大会にて発表 昭和 50 年 4 月 14 日受付 (Received April 14, 1975)

** (株)神戸製鋼所加古川製鉄所 (Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd., 1 Kanazawa-chō, Kakogawa 675-01)

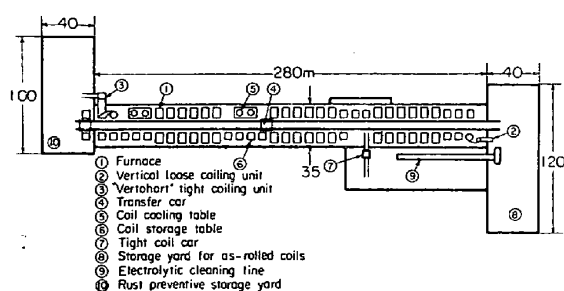


Fig. 1. Layout of UAD and auxiliaries.

Table 1. Equipment specification of UAD.

Type	Available both for open coil annealing and tight coil annealing
Coiling unit	Vertical loose coiling unit..... 1 "VERTOHORT" tight coiling unit... 1
Furnaces	Stationary box shaped, indirect firing. Open coil annealing24 Open and tight coil annealing.....12
Transfer equipment	Automated coil transfer cars 2 (max. load wt. 210 t)
Storage table	Coil storage tables20 Coil cooling tables 4
Material	Steel strip, gauge 0.2~3.2 mm width 600~2 060 mm
Nominal capacity	60 000 t/month

直す“パートホート”*タイトコイルリングユニットならびにオープンコイル、タイトコイルのいずれをも自動的に搬送、装入、抽出できるトランスファーカーを基本設備としている。

Table 1 には UAD 焼鈍の設備仕様を、Photo. 1 には設備全景を示した。

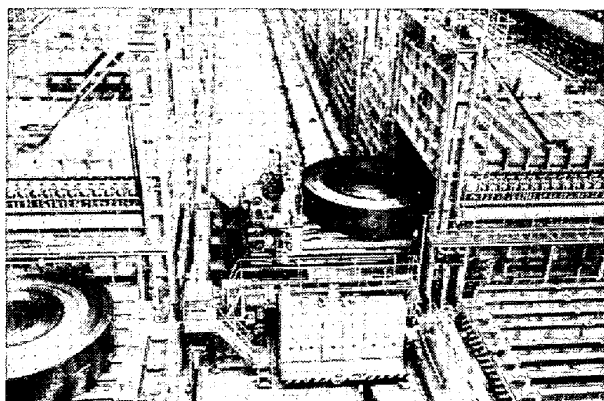


Photo. 1. General view of UAD.

* “パートホート”(VERTOHORT)とはストリップを垂直 (Vertical) 状態から水平 (Horizontal) 状態にひねって巻取るタイトコイルリングユニットの名称である。

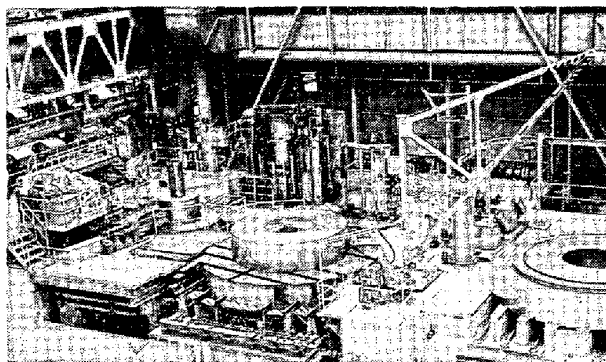


Photo. 2. Loose coiling unit.

(1) パーティカル・ルーズコイルリングユニット

Photo. 2 に示したとおり、傾動式タイトコイルテーブル、ルーズコイルテーブル、ウェルダなどから成り、最大単重 50 t のタイトコイルから、最大単重 100 t のオープンコイルをつくることができ、最大能力は 50 000 t/month である。

(2) パートホート・タイトコイルリングユニット

焼鈍後のオープンコイルを、溶接して連続的に巻取り、通板によるロスタイムを少なくし、また焼鈍後の垂直状コイルを水平方向に転換して巻取りダウンエンド状コイルをつくる点の特長で、これにより、ダウンエンド作業の省力化はもとより、従来のオープンコイル焼鈍に不可避であつた耳不そろいによるリフマグキズが防止でき製品歩留の向上に寄与している。

設備は Photo. 3 および Fig. 2 に示したとおりで最高ライン速度 450 m/min で運転される。

巻取内径は、腰折防止のため最大 914 mm まで可能である。

(3) 焼鈍炉

36 基の焼鈍炉の内訳は Table 1 のとおりで、Fig. 1 に示したようにトランスファーカーの通路をはさんで相対して設置されている。最高焼鈍温度は 730°C で、主要構造は Fig. 3 に示したとおりである。

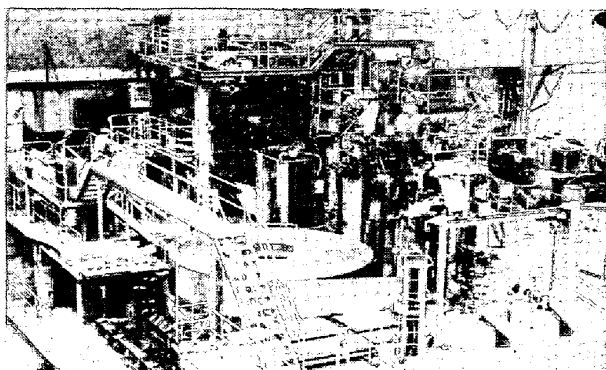


Photo. 3. "VERTOHORT" tight coiling unit.

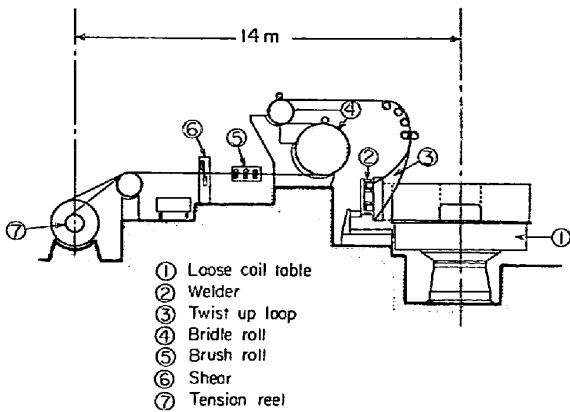


Fig. 2. "VERTOHORT" tight coiling unit.

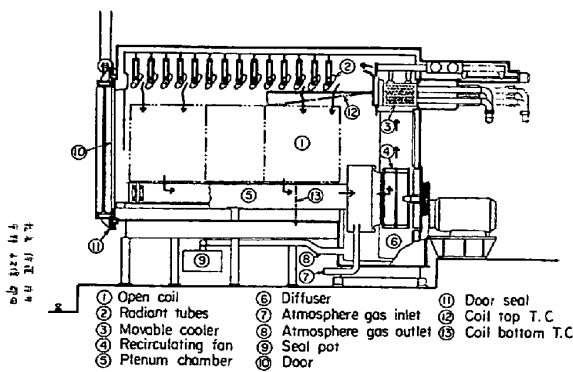


Fig. 3. Cross section of the furnace.

耐火物は炉床とバーナー周辺部をのぞき比重の小さい断熱ボードで、1焼鈍サイクルごとに炉体が加熱、冷却を繰返されるにもかかわらず、熱損失は比較的少なく、耐火物の損傷もほとんどない。

ドア部のシールは、Fig. 4のようにホースをN₂ガスにより膨脹・縮小させることによりシール着脱をしている。

(4) トランスファーカー

オープンコイル(最大重量100t)、タイトコイル(最大重量200t)を巻取装置のルーズテーブル、焼鈍炉、およびコイル置台上に装入、抽出するため、2台のトランスファーカーが配置され、中央運転台から1名の操作員で運行される。

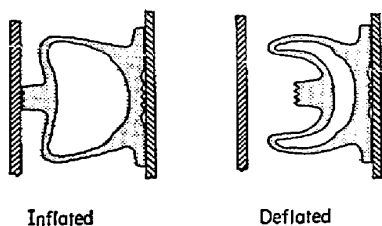


Fig. 4. Mechanism of door seal.

Table 2. Comparison of investment cost between UAD and the bell type single stack furnace for 60 000 t/month production.

	UAD	Bell type
Annealing equipment	140%	100%
Crane	20%	100%
Building and foundation	70%	100%
Total	90%	100%

Table 3. Comparison of running cost between UAD and the bell type single stack furnace.

	UAD	Bell type
Fuel gas	105%	100%
Atmosphere gas	100%	100%
Alkaline	20%	100%
Electric power	134%	100%
Water	230%	100%
Furnace and inner cover repair	15%	100%
Labor costs	45%	100%
Total	86%	100%

2.2 設備の特長

Table 2には、本設備の設備費を同一生産規模のベル形シングルスタック焼鈍設備(以下ベル形炉)の場合と比較して示した。ベル形炉としては70t炉51基、112ベースを想定した。

Table 3には、UAD焼鈍(オープンコイル焼鈍80%、タイトコイル焼鈍20%)における操業の変動費をベル形炉の場合と比較して示した。

燃料費は、UADの場合、1サイクルごとに炉体を冷却するので少し不利であるが、インナーカバーを用いず定置式炉なので炉体の損傷が少なく、メンテナンス費が安い。また、巻取装置があるだけ電力は多くなるが電解清浄を加味するとその差は少なく、労務費は60 000 t/monthの生産規模にて1基当り8名で運転でき、この点では1/2以下の省力効果が発揮されている。したがって各項目を総合したコストとしては、ベル形炉に比し86%と安くなっている。

以上のように、UAD焼鈍方式は、設備費、操業費ともに従来のベル形炉に比し総合的に安価である。

なお、現在の設備では、IBM, S 370を用いて冷延済、焼鈍済両コイルヤードの置場番地管理、焼鈍作業項目の作業指示、データロギングを行なっている。将来は、定置式である特長を活かして作業予測による炉ごとのロス時間を最小にする最適装入、作業予測と結びついたトランスファーカーの完全無人運転などが考えられ

る。

3. 操 業

UAD 焼鈍においては、板厚範囲と製品品種とに応じて、オープンコイル焼鈍とタイトコイル焼鈍とのいずれかが選択される。

3.1 オープンコイル焼鈍

通常、板厚 0.5 mm 以上 1.6 mm 以下のストリップがオープンコイル焼鈍される。オープンコイルは通例、内径側に広幅コイルを、外径側に狭幅コイルを巻くようチャージ編成されていて、1チャージ内のコイル幅の差は 300 mm までが許容される。

Fig. 5 には代表的な焼鈍サイクルを示したが、コイルは約 1 hr の N₂ パージののち、加熱、ガスクリーニング、均熱、冷却の各プロセスを経て焼鈍される。90 t の装入量のコイルが約 28 hr で焼鈍される。この炉の特性

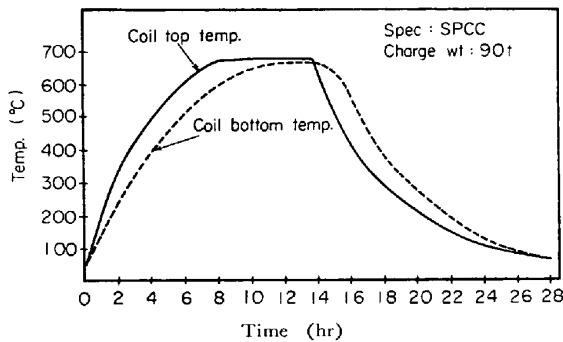


Fig. 5 Open coil annealing cycle.

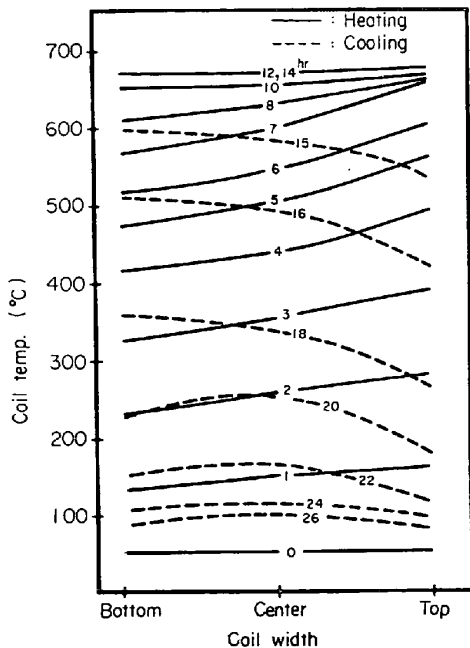


Fig. 6 Coil temperature distribution in open coil annealing.

として冷却時炉中に挿入されるクーラーの冷却能力が大きく、加熱時間と冷却時間とがほぼ等しい。

Fig. 6 は、オープンコイル焼鈍におけるコイル内温度分布を、コイル高さ方向について加熱、冷却時間の経過とともに示したもので、加熱期は当然コイル上面が下面よりも温度が高いが、その差は 70°C 前後で加熱末期には 8°C 以内に縮まる。冷却前半期にはこの逆にコイル上面の温度が低くなる。

Fig. 7 は、加熱終了時点でのコイル内温度分布の一例で、直径 5 334 mm におよぶ大径コイルであるが、1 段積のため 1 チャージ内での温度差は小さく、加熱終了時点において ±8°C の中におさまっている。これが後述の材質の均一性をもたらす原因となつている。

オープンコイル焼鈍工程での歩留は 99.96% である。

3.2 タイトコイル焼鈍

タイトコイルは、0.5 mm 未満および 1.6 mm こえ 2.3 mm 以下のコイルについては電解清浄後、2.3 mm こえのコイルについては冷間圧延後、コイルの外径に応じて 4~12 コイルが一段積で装入される。

タイトコイルの積み方は、Photo. 4 に示したように、コイルトップ温度制御用熱電対の位置にコイルがあるよう、あらかじめコイルの配列に考慮を払いながら、タイトコイル台車を経由して行なわれる。焼鈍サイクルの一例

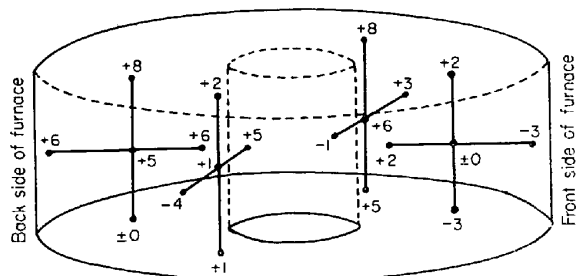


Fig. 7. Temperature difference in an open coil at the end of heating (660°C).

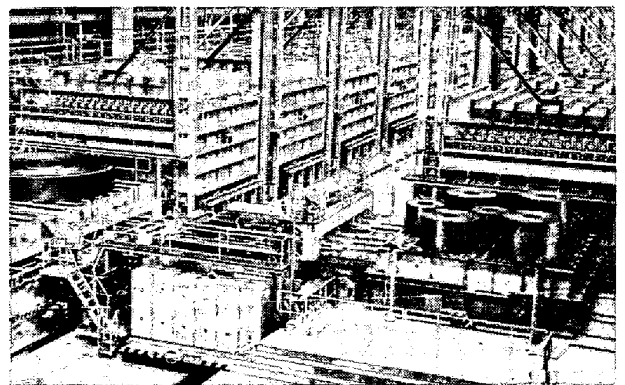


Photo. 4. Tight coils being moved from cleaning yard to transfer car.

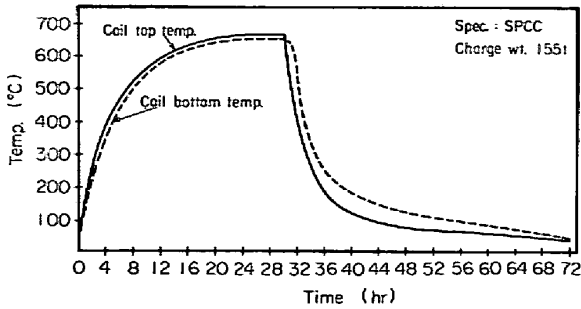


Fig. 8. Tight coil annealing cycle.

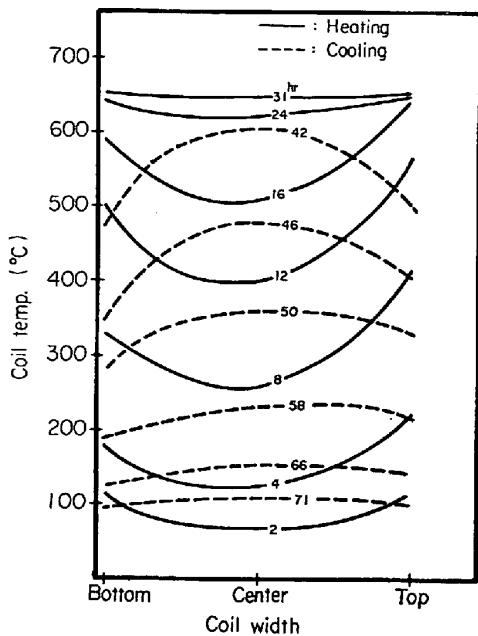


Fig. 9. Coil temperature distribution in tight coil annealing.

を Fig. 8 に示した. 155 t 装入で 71 hr の焼鈍時間である。

Fig. 9 にはタイトコイル焼鈍時のコイル内温度分布の一例を示した. 一般にタイトコイル焼鈍においては, コイル内外周よりもコイル端面での熱伝達が著しく大きいとされる⁴⁾. また通常の段積されたベル形タイトコイル焼鈍においては, コイル上・下面の熱伝達は同一ではなく, 上面が下面よりも約 100°C 先行して昇温していく例が報告されているが⁵⁾ UAD 炉においてもほぼ同じ傾向が認められた。

加熱終了時点および冷却終了時点におけるコイル内の高さ方向の温度差はそれぞれ 10°C 以内, 20°C 以内ときわめて均一である. これは一段積焼鈍である上に, 炉内での熱輻射, 対流が十分に行なわれていることによるものと考えられる。

Fig. 10 は, オープンコイル焼鈍およびタイトコイル焼鈍における 装入量と t/hr (焼鈍 1 サイクルを対象)

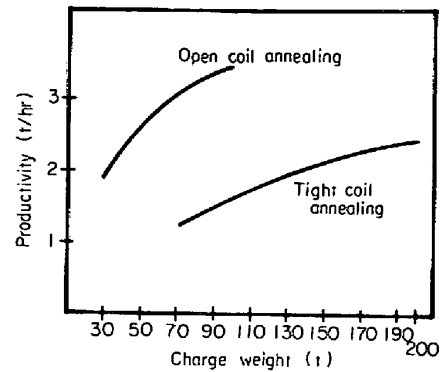


Fig. 10. Productivity of UAD furnace.

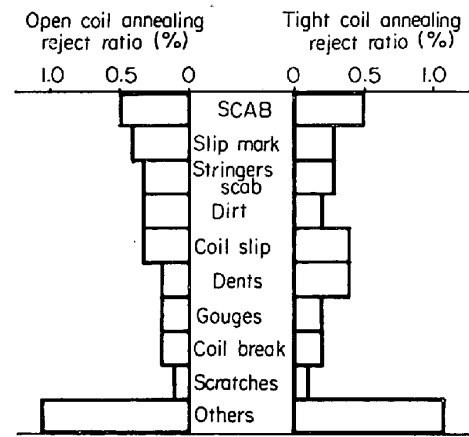


Fig. 11. Reject ratio due to various surface defects of steel sheets.

との関係を示したもので, オープンコイル, タイトコイルとも, その最大装入量の 80% 以上を確保すれば, 生産性は高水準を維持できることがわかる. 同一装入量では, オープンコイル焼鈍はタイトコイル焼鈍のほぼ 2.4 倍の生産性をもつことが明らかである。

4. 製品の品質

4.1 表面品質

オープンコイル焼鈍の場合と, タイトコイル焼鈍の場合との表面不良の出現率を Fig. 11 に示した. 図からわかるとおり, 両者の差はほとんど見当らない. すりきずがオープンコイル焼鈍の場合に少し多くなっているのは, 焼鈍後にタイトコイルリングする際に生ずるためであるが, 腰折やクロスブレイクはまったく問題がなく, オープンコイル焼鈍では焼付きが皆無であるので, 冷間圧延の際の表面をダル仕上げにする必要もない。

表面の汚れについては, 電解清浄設備を通過するタイトコイル焼鈍材に比べるとオープンコイル焼鈍材がやや多いが, 実用上はまったく問題ではなく, ガスクリーニング効果が発揮されている。

4.2 機 械 的 性 質

オープンコイル焼鈍，タイトコイル焼鈍ともに温度分布の均一性がよいので，コイルの幅方向，長さ方向での材質変動が小さい．Fig. 12 にはコイル長さ方向での材質変化を，オープンコイル焼鈍材，タイトコイル焼鈍材について示した．コイル全長にわたり安定した材質の得られることがわかる．

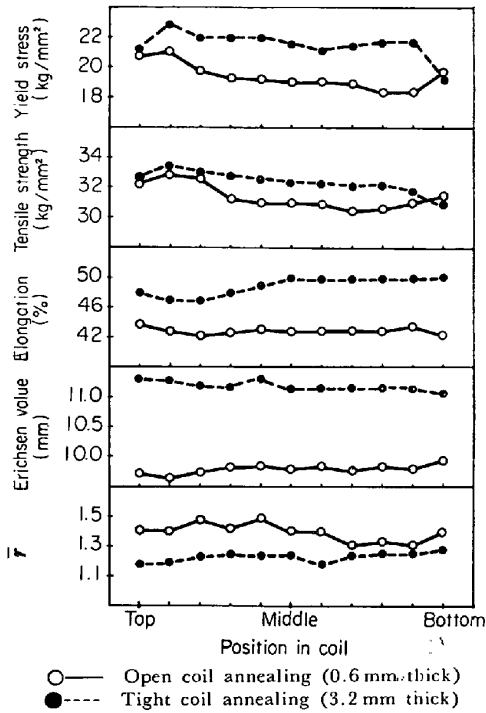


Fig. 12. Variation of mechanical properties along the coil length.

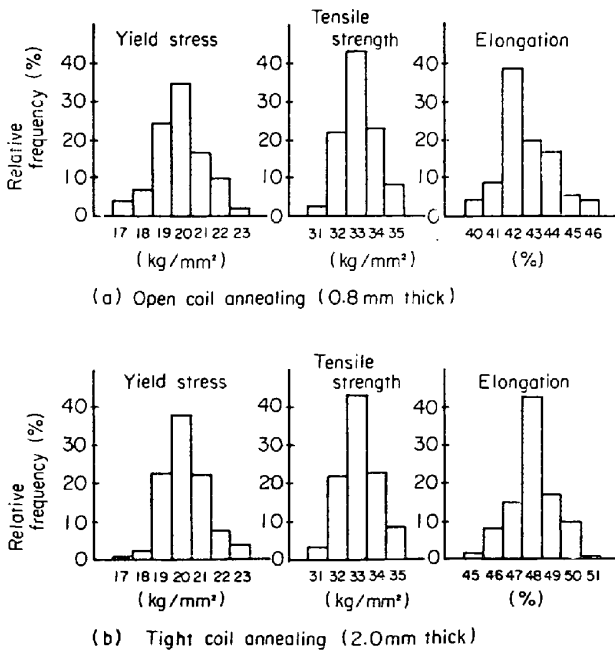


Fig. 13. Distribution of mechanical properties of rimmed steel sheets (SPCC).

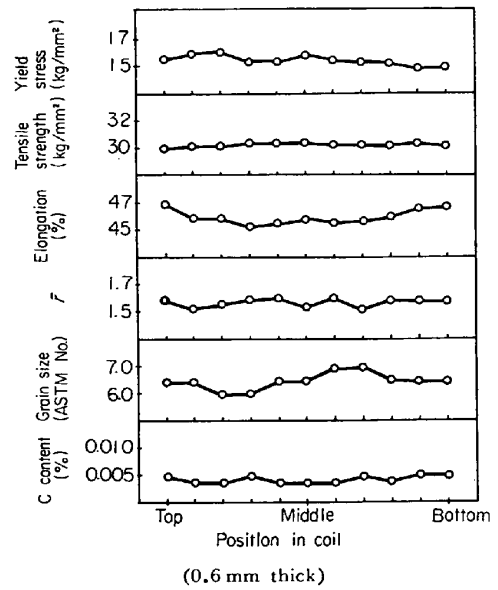


Fig. 14. Variation of the qualities of a decarburized product along the coil length.

Fig. 13 には，リムド鋼の機械的性質のヒストグラムをオープン，タイト両焼鈍材について例示した．

UAD 焼鈍設備では，オープンコイル焼鈍を利用して種々の特殊焼鈍を行なうことができる．Fig. 14 には，脱炭焼鈍材のコイル長さ方向での材質，結晶粒度，およびチェック C% の変化の一例を示した．コイル全長に

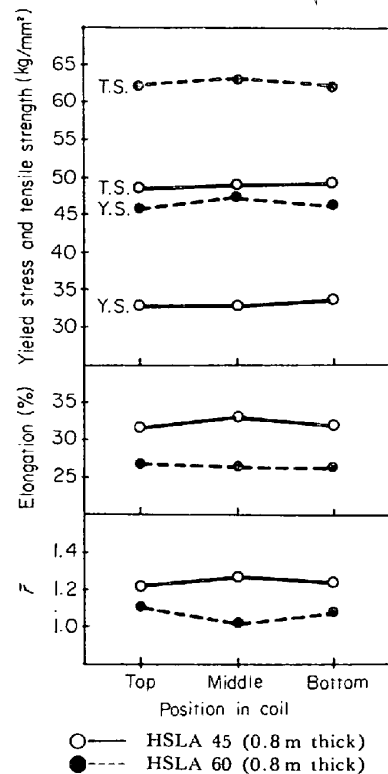


Fig. 15. Variation of mechanical properties of high strength low alloyed steel sheets along the coil length.

わたりほぼ均一な材質値と粒度および C% が得られている。

Fig. 15 には、45 キロ級および 60 キロ級の高張力鋼板 (板厚 0.8 mm) の諸特性値コイル内分布を示した。強度と延性のともにバランスのとれた安定した材質を表わしており、今後の発展が期待される。

5. あとがき

UAD 焼鈍設備について、その設備内容、操業方法、および製品の品質について紹介した。UAD 焼鈍設備は、生産性、品質、コストのいずれについても従来のベル形炉以上の水準にある。さらに工程上の制約が少ない、仕掛日数が短い³⁾、労働環境がよい特長があり、その上一貫したシステムとして全自動化工場を指向しや

すく、品種上もバラエティに富む製品を生み出していくことができ、今後ますます発展していくものと考えられる。

文 献

- 1) 赤松, 上滝: 塑性と加工, 6 (1965) No. 56, p. 521~528
- 2) 331 The Magazine of Metals Producing, (1967) Oct., p. 61~66
- 3) N. C. MICHELS, K. TSUJI: Iron and Steel Engineer (1974) June, p. 35~41
- 4) E. A. MIZIKAR, et al.: Iron and Steel Engineer (1972) July, p. 55
- 5) 国岡計夫: 熱管理と公害, 25 (1973), No. 5 p. 37