



鉄の歴史
海外技術の吸収と
日本鉄鋼業の発展-3

オープンコイル焼鈍方式 (OCA) から
定置式コイル焼鈍方式 (UAD) まで

A Look Back on The Beginning of Bell-type Open Coil Annealing (OCA) and
Unitized Annealing Department (UAD)

佐藤益弘 テクノ・サトー 主宰
Masuhiro Sato

1 まえがき

Lee Wilson 社 (米) による OCA (オープンコイル焼鈍方式) の開発 (1958 年) は、それまで冷延鋼板の製造といえばタイ ト焼鈍 (ベル型またはマルチスタック型) であった常識の世界に、「ルーズコイル」という、上から見れば蚊取線香のよ うな巻縮まっていないコイルの状態で加熱・冷却を行なうと いう技術の飛躍をもたらした。

また同じ Lee Wilson 社により、移動式炉を用いず省力化 を追求した定置式コイル焼鈍方式 (UAD: Unitized Anneal- ing Department) が 1966 年に開発され、ほぼ時を同じくし て開花した冷延鋼板連続焼鈍技術の陰に隠れたとはいえ、バ ッチ焼鈍方式としては一画期であり、その後 UAS 方式 (Uniflow Annealing System)¹⁾ が考えられる基礎を与えた。

筆者は 1963 年 尼崎製鉄 (株) 堺工場のオープンコイル焼鈍

工場の建設と操業立ち上がりに参画し、1970 年には (株) 神 戸製鋼所加古川製鉄所の UAD 焼鈍工場の建設と操業に参加 し、この 2 つの焼鈍技術の我が国への導入という宿縁に恵ま れたので両者の導入事情についてふりかえてみたい。

2 尼崎製鉄 (株)・堺工場における
OCA

1963 年 7 月、熱延工場をもたない単独の冷延工場として スタートした当時のレイアウトは図 1 のとおりで硫酸酸洗→ 4 スタンドタンデムミル→オープンコイル焼鈍炉 (18 基-41 ベース)→調質圧延の構成で電解清浄はなく、ホットコイル は八幡製鉄 (株) の戸畑製鉄所、のちに堺製鉄所から供給を 受けていた。

当時はリムド鋼が冷延鋼板としてはまだ主流であり、入手

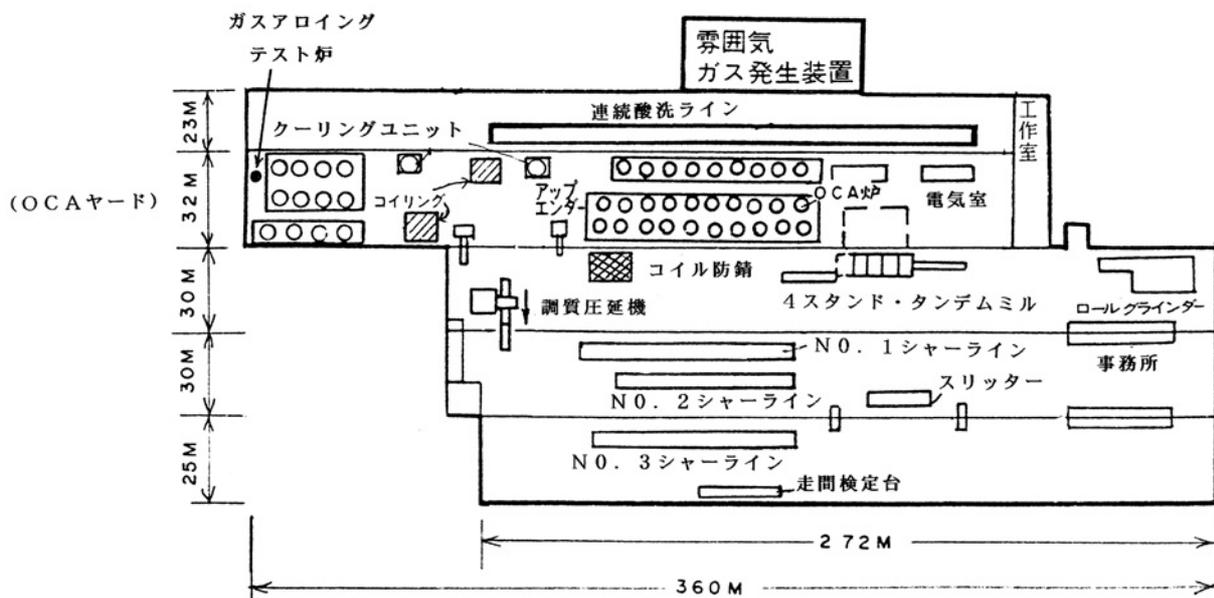


図1 発足当時の堺工場レイアウト

材料事情からもリムド鋼のみで一般用から深絞り用まで対応する必要があった。大黒竹司常務(当時)による100%OCA採用の意志決定の背景にはリムド鋼を脱炭・脱窒焼鈍して改質する狙いがあったものと考えられる。

2.1 一般用および深絞り用鋼板焼鈍技術の苦勞

電解清浄なしにOCAのガスクリーニング機構で清浄な表面を得ようとしたが、焼鈍後のコイル表面に黒々と山水画風の「カーボン汚れ」が現れて困った。

その原因は、1) ブタン変成によるHNXガス中のCOが焼鈍後半冷却中に煤付きとなる、2) 圧延油中の油脂分解残さが鋼板表面に残る、3) 鋼帯内部のCが焼鈍中に表面に析出し黒鉛化する、の3つが考えられ、対策としては、1) HNXガス中のCOの除去の徹底、2) 脱炭焼鈍においてはこのカーボン汚れが見られないという知見から焼鈍雰囲気ガス中にH₂O蒸気を添加してCを酸化する、がとられた。

また取鍋成分とカーボン汚れとの相関を解析したところ、カーボン汚れは取鍋成分中のS%が高いほうが発生が少ないことが分かった。これは鋳鉄中のCの黒鉛化がSやCrの含有により阻止されるという周知の事実からの類推で、鋼中Cの析出→黒鉛化→カーボン汚れのプロセスがSにより黒鉛化の手前で止まるものと解釈された。しかし、ホットコイルメーカーに「Sを高くしてくれ」とはその他の材質を考えると、焼鈍前にオープンコイルを作る際、チオ尿素水溶液を噴射するカーボン汚れ対策として展開した。

つぎに2段積み以上の多段積み焼鈍では、タイト焼鈍はコイル間に対流板を使用する(図2, a)のに対し、OCAではガスの対流はルーズコイルの隙間が有効で対流板は不要である。ただし上のコイルが下のコイルの隙間に落ちてくるのを防ぐため図2 (b) に示すエキスパンドメタルを用いていた。しかしこれをコイルの上に上がり装着したり取り外すことは危険な労働であった。

そこで図2 (c) に示す軟鋼パイプ製の外輪のついたステンレス金網を考案したところ、マグネットで取り扱ってもでき吊り具の付け替えも不要となり、安全性と作業能率を一挙に解決でき寄与するところは大きかった。

2.2 ガスアロイング技術

1960年、Lee Wilson社とAlloy Surface社の共同開発により薄板コイルへのCrの熱拡散技術が誕生した²⁾。図3のテスト炉によりCr-ハロゲンガス循環を850℃にて5~12時間行なうことにより0.9~1.6mm厚リムド鋼板に0.3mm内外のCr23%の拡散層を得た。自動車のマフラー用に好適と報じられた²⁾。

堺工場でも、早速この技術を導入、開発すべくテスト炉を

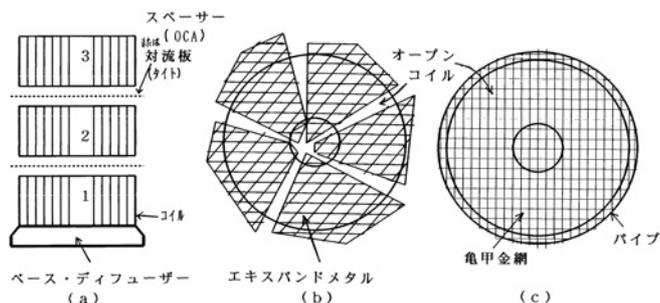


図2 OCAにおけるスペーサーの改良

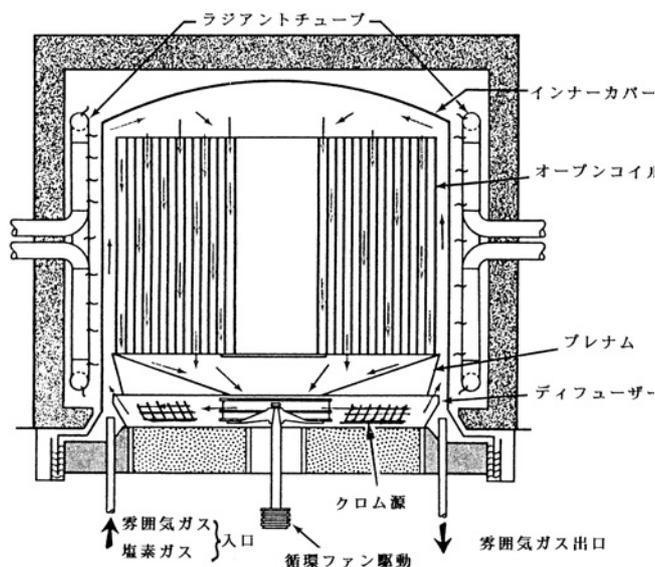


図3 ガスアロイングのためのオープンコイル・テスト炉

設置し、ディフューザー内にフェロクロム、塩化クロム等から成るクロム源を置き、雰囲気ガス中に塩素ガスを添加して繰り返しテストを行なった。

しかし、ワイヤースペーサーによりオープンコイルの隙間は一定に保ったにも関わらずコイルの幅(高さ)、長さ方向に均一にクロムを浸透させることには成功せず、この技術開発は陽の目を見なかった。海の向こうからも企業化成功の話は来なくなった。

3 (株)神戸製鋼所・加古川製鉄所におけるUAD

3.1 Sharon Steel社からの薄板サンプルの取り寄せ

辻邦夫部長(当時)の決断によりUAD採用が決まり、設備はLee Wilson社のライセンスのもとにIHIが設計、製作することになった。そこで「世界で唯一UADを採用しているSharon Steel社の冷延シートを取り寄せて品質を調べてみよう」ということになり、0.8と1.6mm厚の2種の材料を調

べてみて驚いた。「押しきず」と「腰折」である。

押しきず：両サイズともに糸屑をロールで押しつけた不定形の押しきずが多数認められた。その他にStar-dustと呼ばれる、無数の細かいレンガ屑による押しきずがあった。

腰折：0.8mm材には長さ方向に斜めにきつい腰折が認められた。

両欠陥とも日本の顧客にはとてもOKが得られないほどに悪いものであった。

押しきずの原因をはっきりさせるため、Sharon Steel社で4年間使用した耐火ボードを取り外し空輪させ、その損傷を確かめた。予想通り耐火ボードは繰り返し加熱・冷却によりぼろぼろになり、含まれているアスベストがボードから飛び出していた。早速、国内の耐火ボードメーカーと検討に入った。

腰折は焼鈍後のルーズコイルをタイトに巻き取る装置であるVER to HORTに原因があった。すなわちSharon Steel社では「ダウンループ」を採用したためコイルの自重と走行中の振動とによりフリーループ部で折れやすい。これはループを「アップループ」にすることにした。

3.2 UAD設備の概要³⁾

表1および図4に示すとおり、全長280mの焼鈍ヤードを縦走するトランスファーカーを挟んで両側に定置式焼鈍炉が

表1 UAD設備概要

ルーズコイルリング装置； 1基	ネット要員；9名
スピードサイクル炉； 50基	
パートホート； 1基	生産能力
トランスファーカー； 3基	90,000T/月

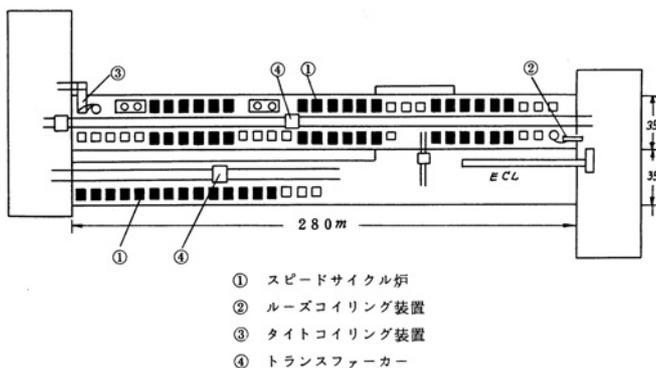


図4 UAD設備配置

並んでいる。炉はオープンコイル (max.100ton) でも複数のタイトコイル(合計max.200ton)でも装入することができる。この設備ではオープンコイル焼鈍後、タイトに巻きもどす時調質圧延機を通すようにはしていない。それは両者の能力バランスを考慮した結果、Sharon Steel社のようには接続しないこととしたためである。

3.3 インナーカバーなしの焼鈍技術

冷間圧延鋼帯のバッチ焼鈍に付き物であったインナーカバーをなくし、クレーン作業を皆無にするには、炉内に露出して内張りされる耐火ボードの性質が極めて重要である。すなわち、下記の品質目標が要求された。

- 1 急熱・急冷による微粉の発生が少ないこと。
- 2 急熱・急冷の繰り返しによる亀裂の少ないこと。
- 3 急熱・急冷の繰り返しによる変形・寸法変化の少ないこと。
- 4 熱容量が小さく、断熱性の良いこと。
- 5 雰囲気ガス中の湿分の吸収が少なく、乾燥ガスによる脱湿が早いこと。

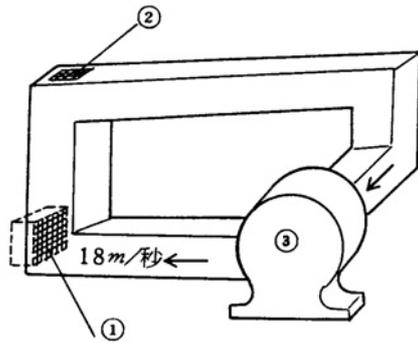
日本アスベスト(株)・鶴見研究所に赴き、連日連夜でテストを繰り返し、珪藻土質耐火ボードの材料配合、焼成条件、ダスト発生を抑える表面塗布剤の検討を行なった。

表2には最終的に決まった耐火ボードの諸特性を示す。なおSharon Steel社の耐火ボードはJM社製のSuper Rex Sで比重0.4、熱伝導率0.11kcal/mh℃で、これに比すと約2倍改善できている。

この表では表現できないダストの発生防止、耐久性については、図5の試験方法により、炉材サンプル(100mm角)を大気中加熱し800℃×1hr保持後、衝風冷却30min.のサイクルを繰り返す。加熱炉から取り出して直ちに図5の①位置にセットし18m/sec.の衝風を吹きつけた。循環途上の②にセットした粘着ガラス上に付着したダストの数を直径0.05mm以上のものについて集計した。その結果は図6のとおり、リチウムシリケートを塗布処理すると表面からのダスト発生を少なく抑えられる目途が立った。またこの方法により急熱・急冷による亀裂の発生もほとんど無かったので補強材であるガラス繊維の露出も防止できた。

表2 耐火ボードの主要特性 (Super-temp)

熱伝導率 kcal/mh℃	かさ比重		線変率率 %	曲げ強さ kg/cm ²	
	乾燥後	800℃ 焼成後		乾燥後	800℃ 焼成後
0.05	0.225	0.210	-0.8%	7.4	4.8



- ① 試料
- ② ダスト採集粘着ガラス板
- ③ ブローア

図5 炉材のダスト発生試験方法

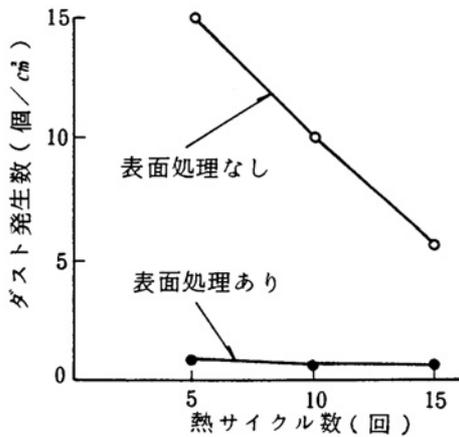


図6 耐火ボードのダスト発生におよぼすリチウム・シリケート塗布の効果

3.4 パートホート (VER to HORT)

図7には米国式のダウンループと日本式のアップループの概念を示した。ダウンループではループの形が安定せずコイル自重によりループ部にてエッジ部から入る腰折が生じやすい。これに対しアップループでは、ループの軌跡は安定し、コイルの自重が偏在しないので曲率が一定となり腰折の発生を防止できた。図8には安定したアップループをつくるための形状条件を、実際に冷延鋼板を吊るす実験をして得た数値にて示す。なおP₁、P₂はコイルが仮想円筒と接し始める点で実機ではこの位置にピンチロールが設置されP₁から上方に垂直サイドガイドがある。

さて試運転が始まり、最高450m/minの速度でこのアップループの動特性が問題となった。すなわち、ループは振動と慣性力を伴ってP₁-デフレクターロール間でひねりループの内側へ蛇行しやすく、デフレクター後に設置した水平のセンタリング装置では、図9の(a)~(c)のいずれのタイプでもかえって蛇行を大きくし、うまくセンタリングができなかった。

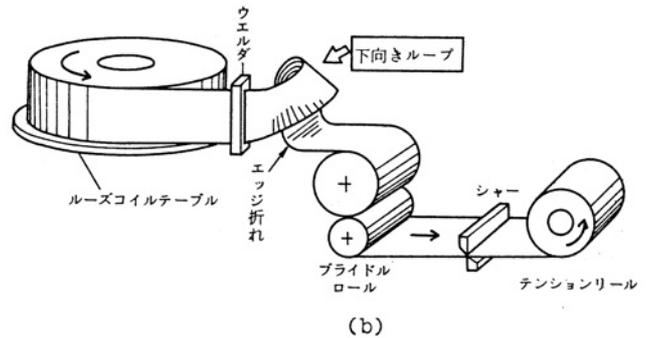
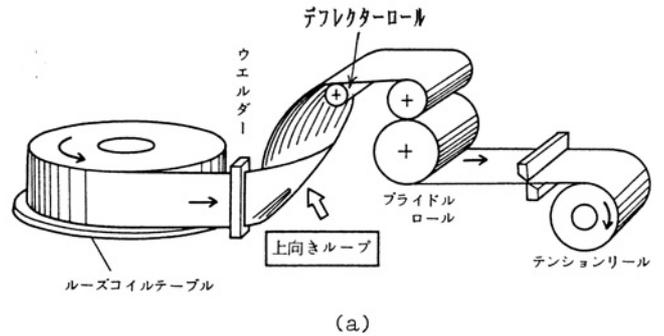


図7 アップループ (a) とダウンループ (b)

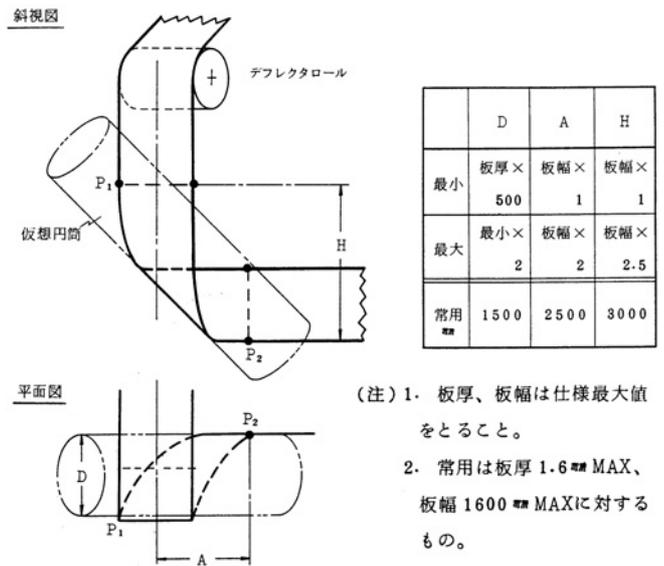


図8 安定なループをつくるための寸法関係

- (注) 1. 板厚、板幅は仕様最大値をとること。
 2. 常用は板厚 1.6mm MAX、板幅 1600mm MAXに対するもの。

ある時、若い技術員がP₁直上で危険を冒して高速運転中のストリップのループの内側に鉄パイプを人力で押しつけたところ、少々腕力は要るがループの安定をみた。

その感触を装置化したのが図10の垂直センタリング装置で、一見するとストリップにぶら下がっているかに見えるところから「ぶらぶらガイド」とニックネームがついた。

図10の①チェーン、②ばねにてルーズに保持されたこのユニークなサイドガイドが、強引に力でサイドガイドするよりもある程度ルーズながらも一定限以上は偏ることを許さな

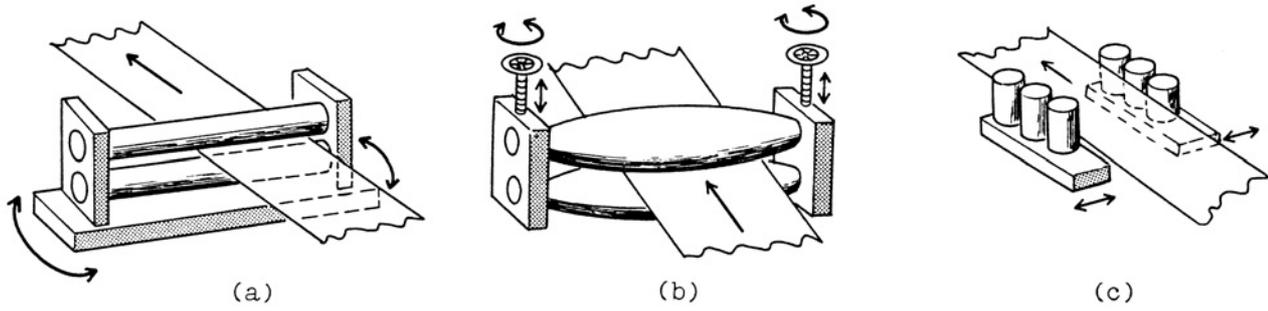


図9 水平でのセンタリング装置

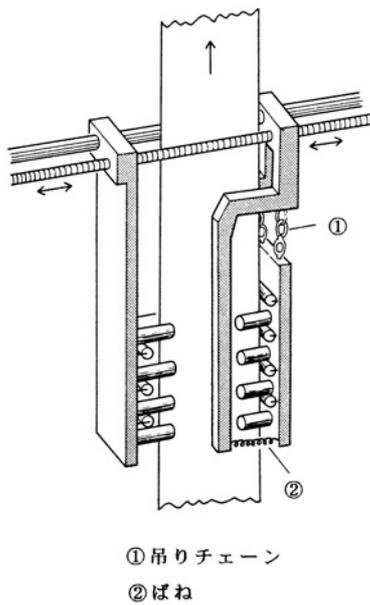


図10 垂直型センタリング装置（ぶらぶらガイド）

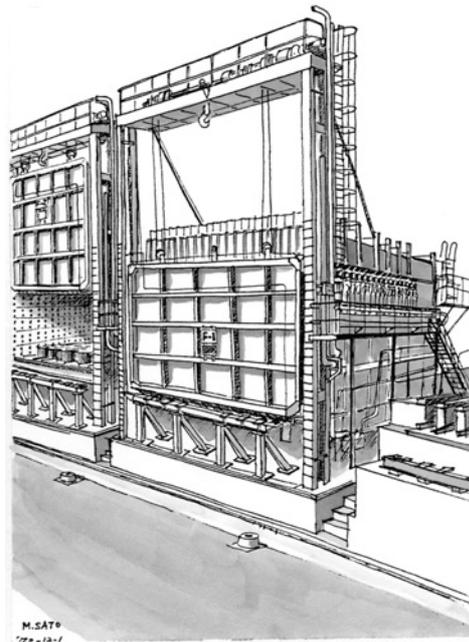


図12 完成間近いスピードサイクル炉

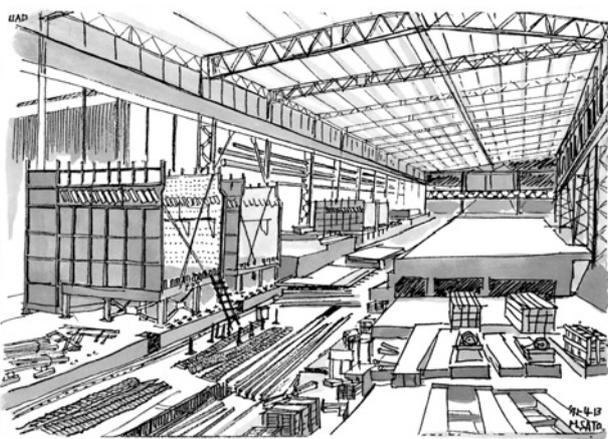


図11 建設中のUADヤード
左側4基の炉が建設中の炉でその他の高台はコイル置台

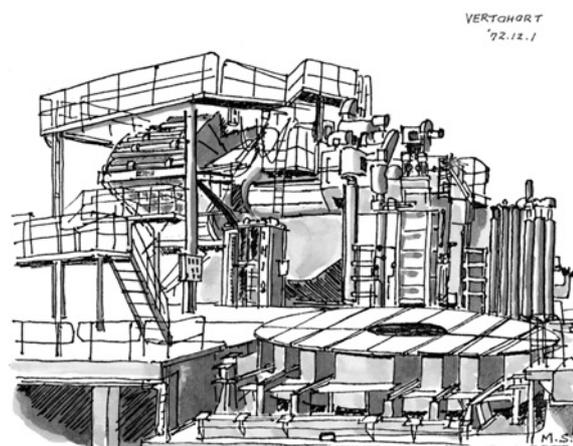


図13 バートホート
右下の円盤にオープンコイルが乗る。IHIのマークのあるスタンドで先行コイルに溶接し左上方へとかけあがる。

いで見事にガイドしている。この方式の採用により、デフレクターロール後の水平センターリング装置はほぼ休眠の形となった。

UADのスケッチ3点

建設中のUADヤード、スピードサイクル炉、バートホートの状況を当時のスケッチから図11～図13に示した。

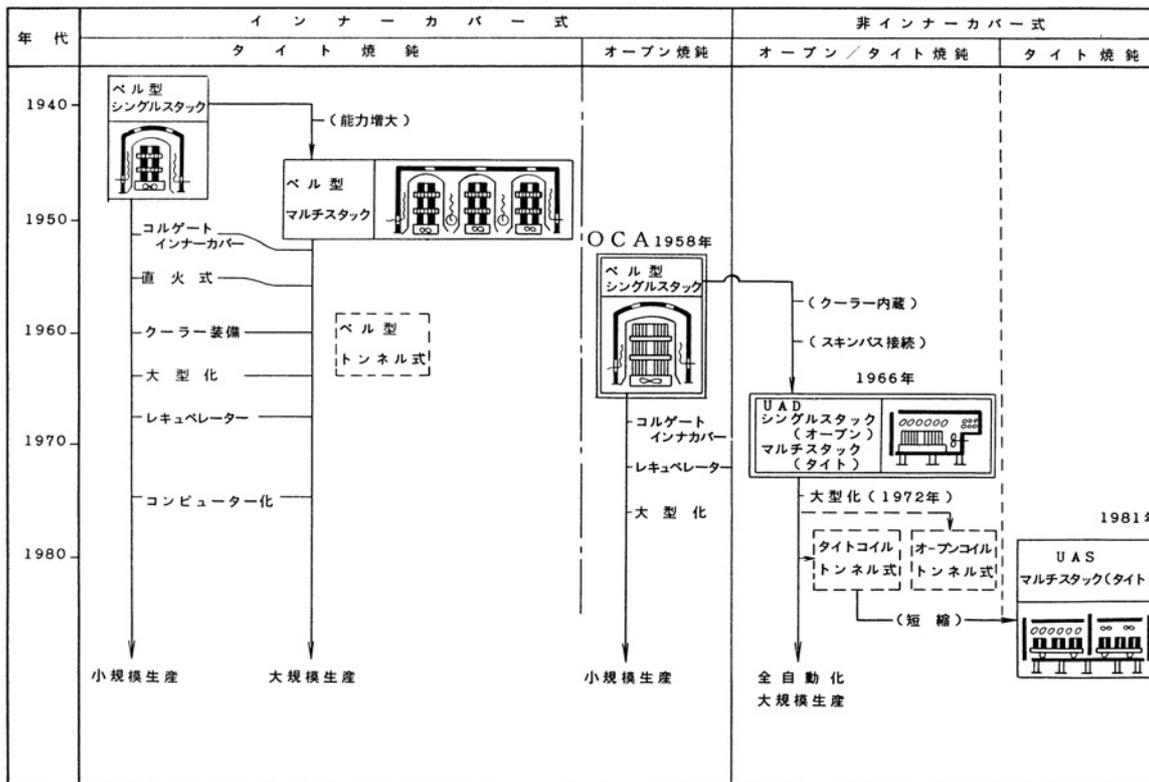


図14 バッチ焼鈍の変遷（破線のもの：特許等によって実現していないもの）

4 おわりに

OCA、UAD を含めた冷間圧延鋼帯のバッチ焼鈍技術の変遷を図14に示した。

1970年代以降の連続焼鈍の躍進を考えると、OCAもUADもともに一時代の通過点の技術ともいえるが、そこに蓄積された技術ノウハウは必ずや次世代の熱処理技術として展開される芽を含んでいると信じている。

参考文献

- 1) 田中信男ほか：日本鋼管技報，(1978) 76，15.
- 2) Open Coil Process Makes Bid For Stainless Market, Iron Age, (1961), 19.
- 3) 松永寿男ほか：鉄と鋼，62 (1976) 1，126.

(2001年11月2日受付)