

真空洗浄機と連続真空浸炭炉の開発

Development of Vacuum Washer and Continuous Vacuum Carburizing Furnace

平 本 昇 株式会社日本ヘイズ 取締役 技術部 部長

オゾン層破壊や地球環境汚染の元凶となっている有機溶剤洗浄機の代替設備として、環境にやさしい石油系溶剤を用いて従来の有機溶剤と同様に、蒸気による洗浄方法を可能にした真空洗浄機を開発したのでその概要を紹介する。また、同じく環境汚染の一つである工場排煙の原因になっているガス浸炭炉の代替設備として、アセチレン真空浸炭技術を利用した連続真空浸炭炉 V-MALS 型および VCC 型を開発したので併せてその概要を紹介する。

The newly developed vacuum washer utilizing petroleum solvent decreases the environment load by the vaporization process as conventional organic solvent causes destruction of the ozone layer and environmental pollution. The continuous vacuum carburizing furnace V-MALS (Vacuum-carburizing Multi Automatic Loading System) and VCC (Vacuum Carburizing Continuous) adopt the acetylene vacuum carburizing technique as alternative devices of the gas carburizing furnace which exhausts harmful gas to the environment from factories.

1. 緒 言

人類のより豊かな物質生活への要求が、科学技術の進歩や発展を伴って現代文明を生み出している。一方で地球規模での汚染が負の代償として予想をはるかに超えるスピードで進行している。その代償の一つである地球温暖化が騒がれ始めたのが今から約 12 年前で、モントリオール議定書に始まり、京都議定書で全世界に向けてさまざまな規制事項が発令された。先のモントリオール議定書では、オゾン層破壊物質であるトリクロロエタン（トリエタン）を 2005 年には全廃することが決定され、後の京都議定書では、地球温暖化の原因となる温室効果ガス（主に CO₂）の削減目標が国別に具体的に定められた。我が国に対しては 2008 年から 2012 年にかけて、温室効果ガスの総排出量を 1990 年に比べ 6%削減することが目標として定められた。

上記国際取り決め以降、我が国でもその規制に対処するため各種産業分野において、いっせいに対策が検討され始めた。特に熱処理分野では 1992 年以来各石油会社が、昔から使用されている洗油の代わりとなる乾燥性の優れた石油系溶剤を安定供給し始めたことによって、石油系溶剤を使用した洗浄機が各メーカーからいろいろ発表されてきた。しかし、それらは石油系溶剤でシャワーまたは浸せき洗浄後に真空乾燥する一般的方法によるものであり、洗浄性能の面で従来のトリエタン蒸気洗浄に匹敵する効果が得られな

い点で、トリエタン代替技術としてユーザから高い評価が得られなかった。株式会社日本ヘイズ（以下、JH と呼ぶ）は長年にわたって、真空熱処理設備の専門メーカーとして培ってきた真空技術を駆使して、性能、コスト、安全性などすべての面でトリエタン洗浄機に勝るとも劣らない石油系溶剤による真空洗浄機を開発（2003 年に特許取得済み）したのでここに紹介する。

もう一方の CO₂ 削減に関しては、いまだに効果的な対策が見いだされておらず、削減どころか増加傾向が続いているのが現状であり、こちらの方も早急に対策が必要とされている。熱処理分野においては、過去 80 年以上にわたって君臨してきたガス浸炭炉が CO₂ 削減目標としての更新の対象となり始め、新しい真空浸炭技術を使った連続真空浸炭炉が環境に優しい地球温暖化防止に役立つ設備として注目されている。JH ではその需要にこたえるため、V-MALS 型および VCC 型連続真空浸炭炉の開発（2001 年に特許取得済み）を進めてきたので併せて紹介する。

2. 真空洗浄機の開発

2.1 システム概要

2.1.1 石油系溶剤による蒸気洗浄の原理

石油系溶剤（以下、ソルベントと呼ぶ）による蒸気洗浄は、減圧下でソルベントの沸点が下がることを利用して、通常の大気圧下（100 kPa）では 200 以上の沸点のソルベ

ントを用いて圧力約 5 kPa の減圧下（沸点が約 120 ）で蒸気洗浄するものである。

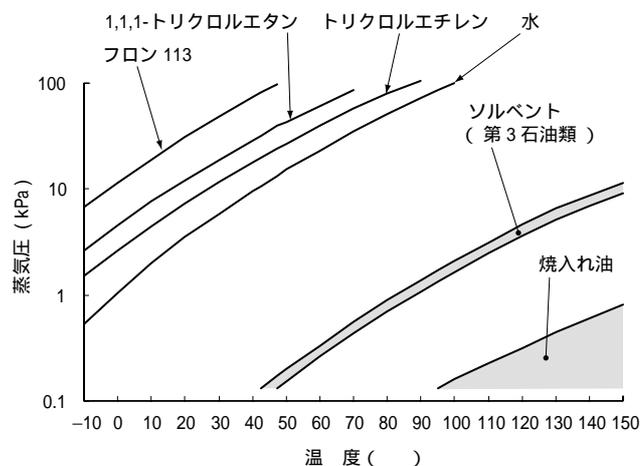
その基本原理はトリエタンなどの有機溶剤の場合と同様で、沸点に達した溶剤蒸気（減圧下約 120 ）が温度の低い洗浄物（品物）の表面で凝縮液化し、あふれた液が流れ落ちる際に付着油脂を溶解し、洗い落とす現象を利用したものである。

この現象は、品物の温度が溶剤蒸気温度に到達して温度差がなくなるまで繰り返され、つねに清浄な溶剤によって初期粗洗から最終仕上げまで連続的に行われるため、いつも安定した仕上がりが得られる。

蒸気発生源の溶剤が溶解した油で多少汚れている場合でも、沸点の高い洗い落ちた重質油は液中に取り残されるため、発生する蒸気はつねに純粋な溶剤である。また、溶剤と近似した沸点の軽質油が混入してともに蒸発してきても、その後の真空乾燥で溶剤といっしょに容易に再蒸発してしまうため仕上がりに悪影響はない。

第 1 図に脱脂用の各種溶剤と溶剤（第 3 石油類）および焼入れ油の温度と蒸気圧の関係を示す。真空乾燥は、単に蒸気洗浄時の圧力からさらに 2 ~ 3 kPa 減圧するだけで、品物に付着した約 120 の溶剤が、品物自身の熱量で急激に沸騰して蒸発乾燥することを利用している。

以上が溶剤による蒸気洗浄の基本原理であり、あくまで品物と蒸気の温度差による凝縮現象を減圧下で利用したものである。したがって温度差が大きくまた洗浄物に重量があり、熱容量が大きいほど凝縮液量が多くなるため洗浄効果が増すことになる。また、溶剤の蒸発潜熱



第 1 図 各種溶剤と溶剤および焼入れ油の温度と蒸気圧の関係
Fig. 1 Relationship between temperature and steam pressure of various organic solvents, solvent and hardening oil

が小さければさらに凝縮液量が多くなり、洗浄効果がさらに増すことになる。また真空乾燥性においては、蒸発潜熱が小さく品物から奪う熱量が少ないほど低い真空度でも乾燥することが可能になる。

2.1.2 使用する溶剤

使用する溶剤は前述の基本原理に適したものであると同時に、安全性のより高いものでなければならない。選択のポイントをまとめると次のとおりである。

- (1) できるだけ引火点が高い。
- (2) 付着油脂に対して強い溶解力をもつ。
- (3) 蒸発潜熱が小さく、粘度が低く表面張力も小さい。
- (4) 人体に対して無害でにおいが無く、作業環境を害さない。
- (5) 初留と終留の沸点幅が狭く、沸点が低い。ただし、安全上の問題で第 3 石油類に限定する。
- (6) 蒸留再生が容易である。
- (7) 入手が容易で安価である。

今回、開発実用化した真空洗浄機に使用する溶剤は、以上のポイントに基づいて選択された第 3 石油類に属するナフテン系またはパラフィン系の溶剤である。その一例として**第 1 表**に 1,1,1-トリクロロエタンなどの有機溶剤と石油系溶剤の物性値比較を示す。

2.1.3 システムの概要と洗浄工程

溶剤による真空洗浄機は、一つの室で蒸気洗浄と真空乾燥を連続して実施するタイプが基本となる。洗浄グレードによっては浸せき洗浄室を追加して二つの室にしたり、また処理時間（タクト）短縮のため、真空乾燥室を独立させて三つの室にすることも可能である。

第 2 図に浸せき（揺動）洗浄 蒸気洗浄（仕上げ）真空乾燥タイプの 3 室型真空洗浄機のシステムの概要と洗浄工程を示す。

2.2 特長および安全対策

2.2.1 特長

溶剤を減圧下の沸点約 120 で蒸気洗浄すると、機能性能上において次の特長が挙げられる。

- (1) 洗浄性能が優れている

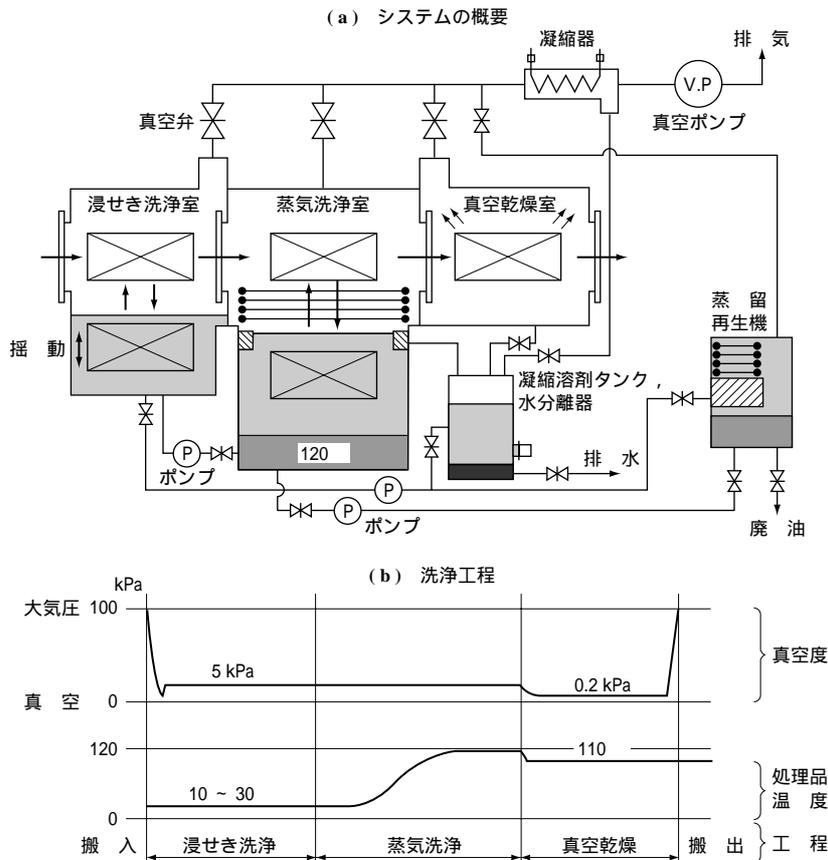
石油系溶剤は一般に洗浄能力の目安とされるカウリプタノール値（KB 値）が 35 ~ 80 と比較的小さいにもかかわらず、実際の洗浄能力は従来のトリエタン（KB 値が約 120 ）による蒸気洗浄と比較して劣らない。洗浄能力が優れる理由は次のとおりである。洗浄温度（約 120 ）が高く、洗浄物との温度差が

第1表 有機溶剤と石油系溶剤の物性値比較

Table 1 Physical-properties comparison of organic solvent and petroleum solvent

項 目	塩素系溶剤		ふっ素系溶剤 CFC-113	石油系溶剤 テクリーン N20*1	水 (参考)		
	1, 1, 1-トリクロロエタン	テトラクロロエチレン					
化学式	CH ₃ CCl ₃	CCl ₂ = CCl ₂	CClF ₂ CCl ₂ F	C _n H _m	H ₂ O		
分子量	133.40	165.83	187.39	170	18.02		
洗 浄 性	比 重	液 体 (20 / 20)	1.325	1.627	1.580	0.81	1.00*2
		蒸 気 (空 気 = 1)	4.6	5.7	6.5	5.9	0.63
	粘 度 (20) (cP)	0.744	0.880	0.66	1.4	1.00	
	表面張力 (20) (dyn/cm)	25.6	32.3	17.8	25.4	72.75	
	誘 電 率 (20 , 1 kHz)	7.53	2.20	2.41			
	水の溶解度 (25)	0.05	0.088	0.011	0.01		
乾 燥 速 度 蒸 留 回 収 エ ネ ル ギ ー	カウリブタノール値 (KB 値) 溶解力	124	90	31	35		
	沸 点 ()	74.0	121.2	47.6	195 ~ 215	100.0	
	蒸 気 圧 (20) (mmHg)	100	16	272	0.2	17.5	
	蒸 発 速 度 (1, 1, 1-トリクロロエタン = 100)	100	43	187			
	比 熱 (20) (cal/g-deg)	0.255	0.205	0.218	0.475	1.00	
	蒸 発 熱 (沸点) (cal/g)	58	50	35	67	539	
そ の 他	引 火 点 ()	なし	なし	なし	71	なし	
	管 理 濃 度 (ppm)	200	50				
	お い の 感 知 限 界 (ppm)	70 ~ 100	30 ~ 50	300			

(注) *1: メーカーは新日本石油株式会社
*2: 温度は4



第2図 3室型真空洗浄機のシステム概要と洗浄工程

Fig. 2 System outline and washing process by 3 room type vacuum washer

大きくとれるので凝縮液量が多い。
洗浄温度が高いので粘度が低く表面張力が小さいため、小さい間げきや孔の中まで浸透しやすいと同時に乾燥時には抜け出しやすい。

脱脂目的の対象となる付着油が一般にソルベントと同類の石油系であるため溶解しやすい。また温度も高いのでさらに溶解しやすい。

(2) 錆や腐食の心配がない

ソルベントは有機溶剤のような塩素や硫黄を含まないので金属に対して腐食性がない。また、工程や作業環境によっては洗浄機内に水分が持ち込まれることもあるが、水の沸点はソルベントよりも低い。このためまず先に蒸発して洗浄槽外に排気され、水分による腐食の心配はない。

(3) 安全性が高い

真空度が 10 kPa 以下の減圧状態で蒸気洗浄するので当然完全密閉容器であり、大気が侵入したり蒸気が外に漏れることがなく安全である。石油系溶剤のなかでも引火点の高い第 3 石油類が使用できるので取扱い上で火災、毒性の両面において安全性が高い。

(4) ソルベントの保有量が少なくて済む

使用するソルベントは第 3 石油類で安全性は高いが、可燃物であり消防法規上からも取扱いの量はより少ないことが望ましい。しかし、本洗浄機のソルベント保有量は洗浄物の昇温に必要な熱量を蒸発潜熱で補える量、すなわち単純計算では処理品 100 kg 当たり約 23 l であればよい。一つの室の蒸気洗浄・真空乾燥タイプで 100 ~ 350 l であり、この量は消防法規上での指定数量の 1/5 以下である。

(5) 洗浄コストが安い

本機に使用するソルベントは一般市場価格 150 円/l 以下で手軽に入手できるもので非常に安価である。また、使用するソルベントは沸点が高い分、比揮発度が小さい。このため室温が大気圧下では非常に気化しにくく、ソルベントの大気拡散損失量は極めて少量であり、トリエタンの約 1/800 (at 20) である。さらにソルベントは洗浄した油脂が 50%以上混入した場合でも、十分に蒸気洗浄が可能であり、蒸留再生機を付属すればさらに油脂の混入は 80%以上でも可能である。このため油脂を 30%以上混入すると沸点が上昇して塩素を発生し、使用できなくなるトリエタンと比較して、廃液による持ち出し量も少なくて済む。

また、ほかの石油系溶剤による浸せきだけの洗浄機と比べても蒸気洗浄はエネルギーの消費量が少なくて済む。

(6) 乾燥が速い

品物の温度は蒸気洗浄終了時点ではソルベントの蒸気温度直下に達しているため、蒸気を止めてそのままわずかに減圧するだけである。このため、表面に薄く残留付着した高純度のソルベントは急激に蒸発乾燥する。ソルベントの蒸発潜熱は 50 ~ 60 kcal/l と小さいうえに、高い温度で粘度が低い(表面張力が小さい)ため残留付着量自体も少なく、蒸発乾燥時に潜熱で奪われる品物の温度降下は非常に小さい。この値は一般的金属加工部品(ギヤ、ボルト、ワッシャなど)の場合で約 10 度降下する程度である。したがって、真空乾燥中は品物の表面温度が高く保持されて真空乾燥に要する時間は少なくて済む。

2.2.2 安全対策

可燃物である石油系のソルベントで蒸気洗浄することに対して、火災や爆発の危険を心配されるのは当然のことである。しかし、本装置はそのなかで最も安全な焼入れ油と同類の第 3 石油類のソルベント専用の洗浄機である。JH は可燃性ガスを使用した真空浸炭焼入れ設備を製作してきた技術を活かし、真空炉と同様に完全密閉構造にした全く安全な真空脱脂洗浄機を商品化した。

次にこの安全対策についての基本的な考え方を述べる。

(1) 第 3 石油類のソルベント専用である

使用ソルベントは、洗浄しようとする切削油や焼入れ油と同類の第 3 石油類である。その引火点は 70 ~ 80 度、沸点は 200 度程度で、大気中の蒸気圧は極めて小さい。

(2) 洗浄中は大気と触れることはない

すべての洗浄工程は、真空容器の中の減圧下で実施される。大気に触れることがないので、火災、爆発などの恐れは全くない。

(3) 減圧下でしか洗浄しない

使用ソルベントは、洗浄温度が 100 ~ 150 度の範囲で、10 kPa 以下に減圧しないと蒸気にならないため、この圧力範囲内でのみ洗浄される。可燃性ガスと空気による燃焼範囲は、大気中に比べて圧力が低下するにつれて極端に狭くなり、10 kPa 以下の減圧下では燃焼伝播しないため火災、爆発の危険はなくなる。

(4) 安全な工程と2重の危険防止措置

洗浄物を挿入したら、一度規定の真空度に減圧してからでないでと溶剤蒸気は供給されない。乾燥終了後も規定の真空度に達しないと復圧できない。装置の漏れで空気が侵入しないよう、圧力センサが常時監視している。圧力に異常が検知されれば、直ちに警報を発信して操作を停止する。

(5) 装置の内部に引火源がない

万一空気が侵入しても、装置の内部に引火源がないので、それだけで火災、爆発することはない。

2.3 性能試験結果

2.3.1 洗浄性能

洗浄性能を定量的に表す方法として残留油分測定方法が一般に用いられる。例えば、現在広く実施されている有機溶剤による焼入れ油の洗浄では、焼入れ後の付着油分量 500 ~ 1 000 mg/d・m² が洗浄後には 1 ~ 5 mg/d・m² 程度に減少する。

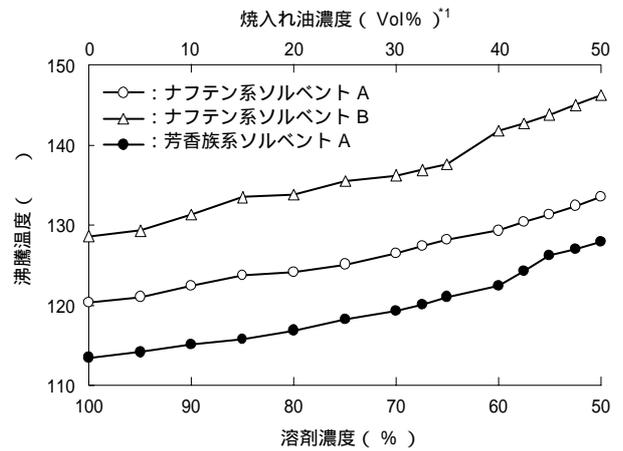
第2表に JH で実施したトリエタンと溶剤による蒸気洗浄の洗浄性能試験結果を示す。

2.3.2 溶剤管理方法

洗浄回数を重ねると、当然溶剤溶液が油脂の溶解によって汚れてくる。洗浄対象油脂が一般的な切削油、プレス油、焼入れ油などの場合、その蒸気圧は溶剤より低い(沸点は高い)。したがって、それらの混合液の蒸気圧は純溶剤より低くなり沸点は逆比例して高くなる。

第3図に各種溶剤と焼入れ油の濃度と沸点の関係を示す。洗浄性能を満たすために溶剤の純度をクリーンに保つ必要がある。実際には汚れが増えて油の含有量が多くなれば、その不揮発分の油脂加熱に熱エネルギーを損失して蒸気発生効率が悪くなると同時に、沸騰する溶剤溶液の表面も不安定になる。

したがって、油の含有量がある限界濃度(洗浄グレードによって異なるが、JH では 50 ~ 60%を目安とする)に達したら溶剤を入れ替えるか、または定量を別の蒸留再生機に循環して溶剤を蒸留再生することによ



(注)*1: 油含有量を示す

第3図 各種溶剤と焼入れ油の濃度と沸点の関係
Fig. 3 Relationship between density and vapor point for various solvents and hardening oil

て限界濃度以下に保つ必要がある。その限界濃度の見極めは、前述の溶剤と油脂の混合液は油脂の濃度に比例して沸点が上昇するため、この性質を利用することで容易に管理できる。

2.4 真空洗浄機のとめ

本真空洗浄機は 2005 年 1 月現在で約 150 台の販売実績を得た。この 2005 年でトリエタンが全廃となるが、我が国における洗浄機代替計画は意外に進んでおらず、多くの企業が急場しのぎの対策でトリクレンやパークロルエチレンに溶剤を切り替えて、既存設備をそのまま継続使用しているのが現状である。

この種の有機溶剤は地下水汚染の元凶となるもので、生活環境保護のため環境庁から厳しい規制を受けるものであり、ISO 14000 でも使用の禁止を明確にしている。したがって、近年このトリクレンやパークロルエチレン洗浄機から石油系真空洗浄機への買い替え需要が増え、当社の 2004 年度販売台数は過去最高の 25 台に及んでいる。

第4図に最新型の真空洗浄機の外形を示す。第3表にその主な仕様を示す。

3. 連続真空浸炭炉

3.1 概要

本真空浸炭炉はすべてアセチレン真空浸炭技法(国内および海外特許登録済み)を基にした装置で、大きく次の3種類の型式に分かれる。

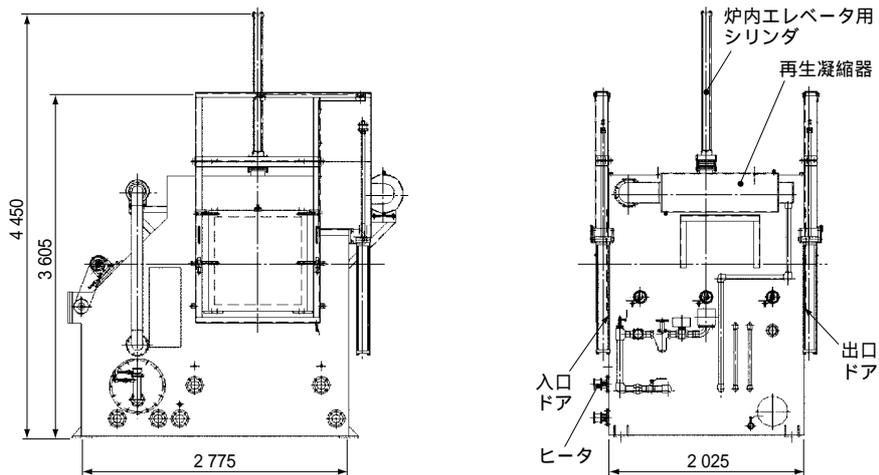
(1) VCB 型真空浸炭炉

1994 年に開発したバッチ式の真空浸炭炉

第2表 洗浄性能試験結果
Table 2 Test result of washer performance

部品名称	残留油分 (mg/d・m ²)	
	トリエタン蒸気洗浄	溶剤蒸気洗浄
機械部品 A	0.37 ~ 1.08	0.26 ~ 1.06
機械部品 B	1.42 ~ 3.35	2.15 ~ 3.34

(注) 付着油: 焼入れ油 (ホットクエンチオイル)
分析: 赤外線式油分測定器



第4図 真空洗浄機の外形 (単位: mm)
Fig. 4 Outline of vacuum washer (unit: mm)

第3表 真空洗浄機的主要仕様
Table 3 Main specifications of vacuum washer

型 式	HW (B) V-2V	HW (B) V-3V	HW (B) V-4V
有効寸法 (mm)	410 H × 460 W × 920 L	620 H × 660 W × 1 200 L	800 H × 760 W × 1 350 L
処理重量 (kg)	250	650	1 000
電力 (ヒータ) (kW)	32	60	90
電力 (その他) (kW)	約 10	約 12	約 15
サイクルタイム (min)	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30
浸せき液再生 (l/h)	100	200	300
発生槽溶剤再生 (l/h)	20	30	40
冷却水 (l/min)	70	100	150
圧縮エア (MPa)	少量 (0.4 以上)	少量 (0.4 以上)	少量 (0.4 以上)
N ₂ ガス	なし	なし	なし
溶剤保有量 (l)	1 550	1 950	3 200
真空ポンプ (l/min)	3 000	5 000	7 000

(2) V-MALS 型連続真空浸炭炉 (2001 年特許出願済み)

2002 年に開発した六角形中央搬送室の周囲に放射状に加熱室を複数配置するマルチ式の連続真空浸炭炉

(3) VCC 型連続真空浸炭炉 (2004 年特許登録済み)

2005 年に製作のトンネル式の連続真空浸炭炉

第4表に真空浸炭炉の型式別仕様比較を示す。

3.2 特 徴

各型式にそれぞれの特徴があり、フレキシブルで小回りの利く VCB 型真空浸炭炉 (バッチ式) を軸に、フレキシブル性を継承しつつ大量生産向けの V-MALS 型連続真空浸炭炉 (マルチ式) へ進み、さらに省スペースで完全大量生産向けの VCC 型連続真空浸炭炉 (トンネル式) へと発展していく。

型式別の主な特徴は次のとおりである。

(1) VCB 型真空浸炭炉 (バッチ式)

本装置は、加熱室と冷却室の2室が一体となり、加熱室は昇温、浸炭、拡散の工程を受けもち、冷却室は油冷却機構 (ガス冷却機構) を備えており、焼入れの役割を果たす。2室間の搬送はフォーク式搬送機構を採用し、冷却室側に駆動部をもつフォークが前後および上下動作を行う構造である。

加熱室は断熱材、炉床、ヒータで構成され、すべてセラミック材料が使用されている。放熱によるロスを最小限に抑えて省エネルギーを図るため、断熱材の厚さを 100 mm に設定し、900 における熱口ロス実測値 11 kW/h 以下となっている。

(2) V-MALS 型連続真空浸炭炉 (マルチ式)

本装置は、前項 (1) の VCB 型真空浸炭炉 (バッチ式) を基本にして量産性の高い連続式に発展させたもので、六角形の中央真空搬送室の周囲に三つの加熱 (浸炭) 室と一つの焼入れ均熱室が放射状に配置され

第 4 表 真空浸炭炉の型式別仕様比較

Table 4 Comparison of type of vacuum carburizing furnaces

型 式	VCB 型	V-MALS 型	VCC 型*1
処 理 寸 法 (mm)	650 H × 650 W × 1 200 L	650 H × 650 W × 1 200 L	650 H × 650 W × 1 200 L
処 理 重 量 (kg/チャージ)	650	650	650
処 理 タク ト*2 (min/チャージ)	240	60	60
最 高 使 用 温 度 ()	1 100	1 100	1 100
設 備 電 力 (kW)	180	370	310

(注) *1: 予熱室 + 3 加熱室の例

*2: 有効浸炭深さ (ECD) 0.5 mm

ている。中央搬送室はフォーク式搬送機構を内蔵し、真空下でフォークが前後上下および回転の動作を行う構造である。回転位置決め機構は、リミットスイッチの電気信号で所定の位置に停止した後、油圧シリンダで正確な位置決めをする。位置決め精度は角度誤差 0.1 度以下とし、フォークの伸びきったところ（処理品定位置）で左右のばらつきが 5.4 mm 以下に制御されている。

また焼入れ均熱室を独立に設け、安定した焼入れ組織が得られるよう低い温度に保持された加熱室へ、高い温度で浸炭拡散処理した処理品を直接投入するので、温度降下が速く処理サイクルが短縮され熱エネルギーのロスも少なくなる。

また焼入れ均熱室と焼入れ処理室（油槽）が直結

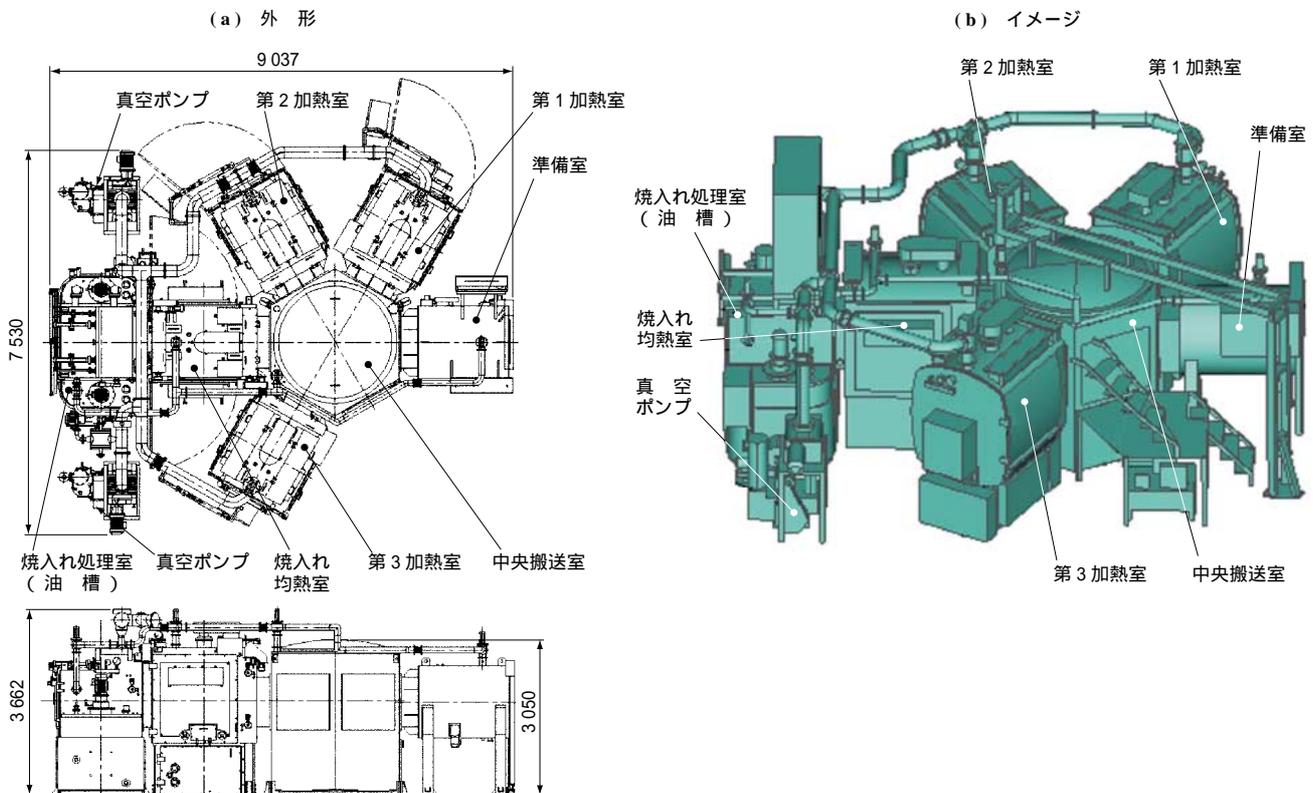
して配列されているので、処理品を均熱処理完了後直ちに焼入れ処理室へ迅速に搬送をすることができる。このため、処理品温度の低下が防止され、処理品に所望される品質を安定して確保できる特長がある。

第 5 図に V-MALS 型連続真空浸炭炉の外形および完成イメージを示す。

(3) VCC 型連続真空浸炭炉（トンネル式）

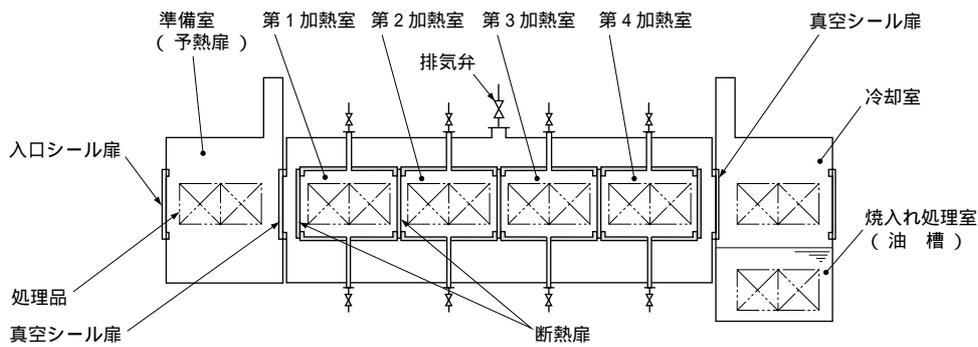
本装置は、複数（3～5 個）の加熱室を一つのチャンパ内に設け、それぞれを真空シール扉のない断熱扉だけで仕切る構造を特徴とする。従来の装置では加熱室ごとに真空シール扉で仕切る必要があって不経済な面が多かったが、本装置ではこの点が大幅に改良されている。

第 6 図に VCC 型連続真空浸炭炉の概略説明図を示



第 5 図 V-MALS 型連続真空浸炭炉の外形および完成イメージ（単位：mm）

Fig. 5 Outline and completion image of V-MALS type continuous vacuum carburizing furnace (unit : mm)



第 6 図 VCC 型連続真空浸炭炉の概略説明図
Fig. 6 Outline diagram of VCC type continuous vacuum carburizing furnace

す．真空シール扉なしで浸炭品質を確保するためには各加熱室の内圧をそれぞれ独立制御する必要がある．例えば，第 2 加熱室で浸炭中に第 1 加熱室で昇温される次の処理物が浸炭されないように，第 1 加熱室の内部圧力を不活性ガスパーズで少し高くコントロールし，加熱室外側の空間の真空圧力とつねに差圧を設ける技術が必要である．

JH のアセチレンガスによる (1 kPa 以下) 真空浸炭技法はまさに最適で，チャンバ全体をメカニカルブースタポンプの真空引き領域である 10 ~ 100 Pa の真空度に保とうとしながら，アセチレンガスを第 2 加熱室の内部へ直接 20 ~ 50 l/min 導入すれば，漏れ出したアセチレンガスは圧力の高い第 1 加熱室に浸入することなく排気弁でチャンバの外へ排気される．

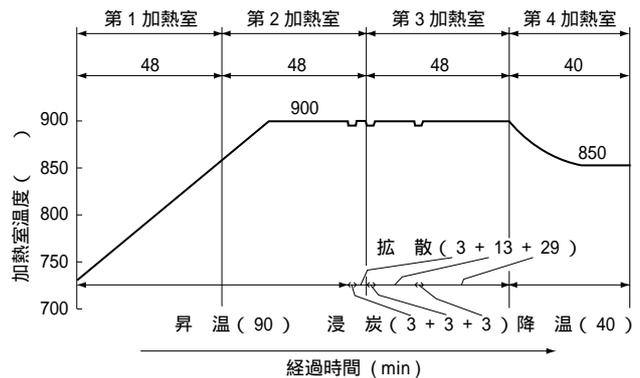
また本連続真空浸炭炉は，浸炭深さ，表面炭素濃度，処理量などに応じて熱処理条件が違う場合，あらゆる浸炭条件を処理できる柔軟性を備えている．例えば一つの処理工程における昇温，浸炭，拡散，降温の各工程に費やす時間の相違があった場合，また異なる処理工程における所要時間の相違があった場合でも，各加熱室が昇温処理，浸炭処理，拡散処理，降温処理のいずれの処理にも対応が可能である．

金属材料 SCM 415 相当を有効浸炭深さ (ECD) 0.4mm と 2.7 mm の二通りの浸炭処理をする場合の工程と温度変化の概略模式図を第 7 図と第 8 図に示す．

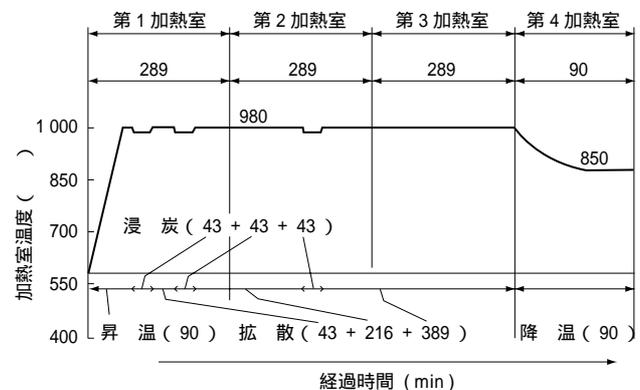
3.3 実 績

JH の真空浸炭炉は VCB 型真空浸炭炉 (バッチ式) が過去 10 年間で約 80 台の納入実績があり，V-MALS 型連続真空浸炭炉 (マルチ式) は 2003 年に 2 台納入し，2005 年に 3 台の納入予定である．2003 年納入の 1 号機は約 2 年経過で順調に稼働している．

VCC 型連続真空浸炭炉 (トンネル式) は，現在 JH 社



第 7 図 有効浸炭深さ (ECD) 0.4 mm 処理の場合の工程と温度変化
Fig. 7 Process and temperature change in effective case depth (ECD) processing of 0.4 mm

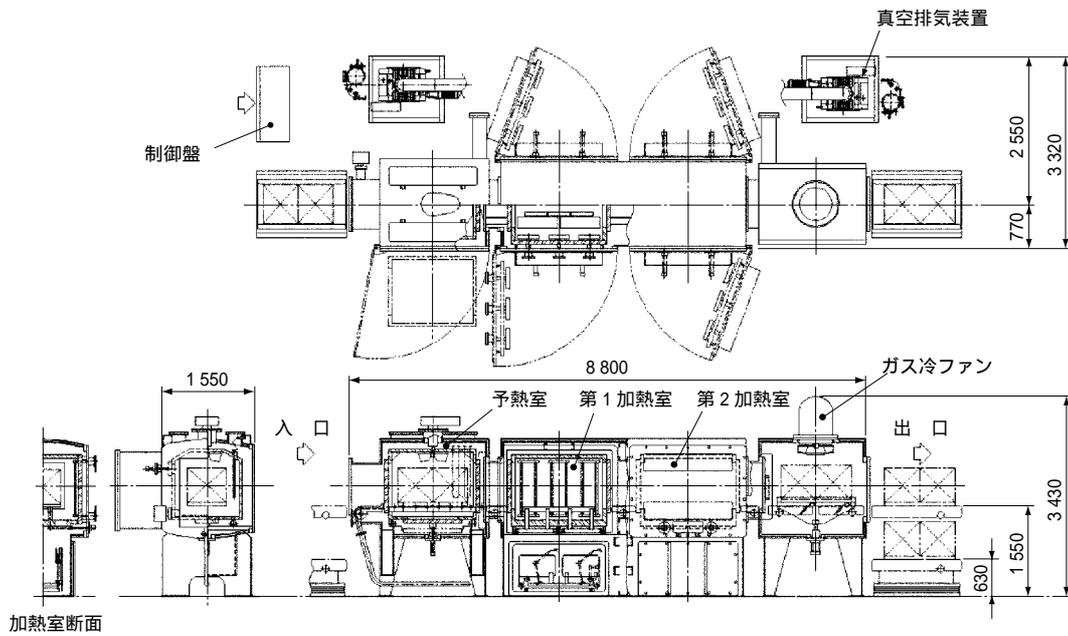


第 8 図 有効浸炭深さ (ECD) 2.7 mm 処理の場合の工程と温度変化
Fig. 8 Process and temperature change in effective case depth (ECD) processing of 2.7 mm

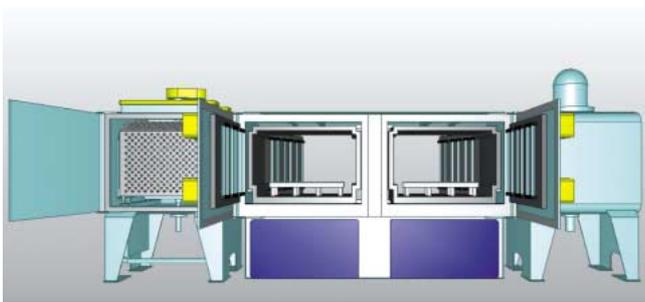
内 (熱処理研究所) の試作機を 2005 年 7 月完成目標に製作中である．VCC 型連続真空浸炭炉の構造を第 9 図に，完成イメージを第 10 図に示す．

4. 結 言

本開発の真空洗浄機および VCB 型真空浸炭炉，および V-MALS 型連続真空浸炭炉は，企業の地球環境汚染防止意



第 9 図 VCC 型連続真空浸炭炉の構造 (単位 : mm)
 Fig. 9 Structure of VCC type continuous vacuum carburizing furnace (unit : mm)



第 10 図 VCC 型連続真空浸炭炉の完成イメージ
 Fig. 10 Completion image of VCC type continuous vacuum carburizing furnace

識の高揚を背景に、客先から注目され営業引き合いが激増している。特に真空洗浄機は従来のトリエタン洗浄に代わる洗浄機としての客先評価が急ピッチに定着し始めている。また新しい VCC 型のような生産性が高くしかも環境に優しいトンネル式の連続真空浸炭炉は、大手自動車業界を中心に熱処理分野全体で次世代の浸炭炉として切望されている。

株式会社日本ヘイズは 2005 年 7 月完成を目指してこの VCC 型連続真空浸炭炉 (トンネル式) の開発に、将来の夢を描いて社員一丸となってチャレンジしている。