

縦形真空焼入炉のブローチへの適用

Application of Vertical Vacuum Quenching Furnace for Broach

キーワード

ブローチ 縦吊り 熱処理歪 金属光沢 真空炉 一室炉 加圧冷却 焼入

工具製造所技術一部
藤縄市氏
工具製造所
池田精作
クリーンサーモ部
浅田泰弘

■ 摘要

熱処理技術者の長年の夢は全切削工具の雰囲気熱処理化である。なかでも長尺ブローチに対しては、処理する炉が大型化して設備費がかさむ、熱処理変形を極小化する手法に決め手を欠くなどの課題を抱えていた。今回、これらの諸問題を解決する手法を開発し、長尺焼入炉を製作、ブローチに適用、稼動に入った。

■ Abstract

For long time, heat treating metallurgists have been desired that all kinds of machine tools could be treated in protective atmosphere. But the broach has forced furnace designers upon a big scale of equipment and a huge investment. Meanwhile the most suitable procedures, which will minimize quenching distortions, have not been found for a long size works. Now we have set up a longitudinal furnace, settled these problems, and applied for long size broaches.

1. はじめに

バブル後の超円高為替レートによる割安輸入切削工具に対抗するため、また最近では市況低迷による競争激化を乗りきるため、工具切削性能を向上させ、シェア確保・拡大、製造コスト低減は喫緊の課題である。製造コストに占める研削工数の比重は非常に高いが、これを低減するための「安価な熱処理」もまた大きな課題で、真空熱処理化によりコストダウンを図った。高速度工具鋼（以下ハイス）の高温焼入炉（塩浴炉、雰囲気炉、真空炉）の比較を、表1に示す。

真空炉は以下の特長がある。

- ①酸化・脱炭管理が容易
- ②塩浴ガスによる製品の腐蝕、変質がない
- ③悪影響を取り除くサンド・ショットブラスト掛

表1 ハイス高温焼入炉比較

○有利 △中位 ×不利

項目	塩浴炉	雰囲気炉	真空炉
混載制限	○	○	△
充填率	○	○	○
雰囲気制御	×	○	○
局部加熱	○	×	×
表面性状	×	△	○
熱処理変形	×	○	◎
洗浄の必要性	×	○	○
公害	×	○	○
設備費	◎	△	○
省人化	○	○	○
操業費	×	○	△

けは、かえって欠けなどの外傷を誘発し、作業環境を悪化させる。

- ③金属光沢仕上がりで、非研削部は研削不要
- ④熱変形を最小限に押さえ、研削代が縮減できる
- ⑤残滓無害化処理費用が不要
- ⑥高熱作業環境の大幅改善

⑤, ⑥項は今後, 地球環境改善には欠かせない。

⑦建屋・構築物を腐食させるガス発生がなく, 再生費用が不要

これまでにドリル, エンドミルの棒物工具, ホブなどの歯切工具, 短尺ブローチの“雰囲気・真空熱処理化”は既に達成した。

今回長尺ブローチに適用したので報告する。

2. 装置の概要

表1に示す各炉のうち例えば, 真空炉は加熱室本体のスペースは狭くて済むが, ポンプ, クーラ, ファン等付帯設備が占める面積が大きい特性がある。今回長尺品専用炉として, 熱処理歪が少なく, 操作・メンテナンスが容易で, 設備費が安価な構造に主眼を置いて立案した。

2.1 開発の方針

1) 一室式とした

中尺品を二室横形炉で焼入れした際の変形発生分布を図1に示す。焼入れ後の最多変形方向は, 加熱室から冷却室への移動方向と反対側に偏っている。冷却室への移動時の材料の揺れが影響したと推測される。

二室式としては上部に加熱室, 下部に冷却室を組み付けた構築が考えられる。二室式は冷却速度が早い, 大径品が処理できる, 熱が有効に利用できるメリットがあるが, 故障の頻度が増え, 装置のメンテナンスしづらい, 建屋を含む設備費が高くつくなどの課題が残り, 総合的に

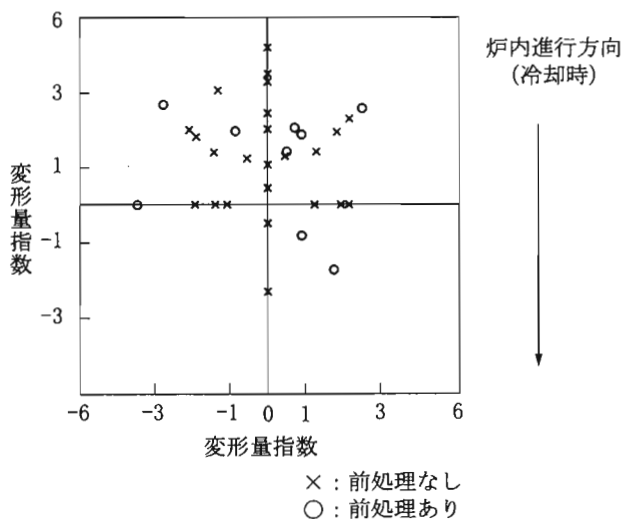


図1 曲がり座標分布図

判断して“熱処理変形の少ない”一室式とした。

2) 縦形炉とした

一般に炉種を問わずハイス長尺品を, 融点近くの1,200℃近辺の高温中で加熱すると, 支持架台の形状にならって, 変形することは容易に想像される。ましてツバ付き, 歯付き長尺品を横置きすれば, 刃部つぶれや矯正に長時間要することを覚悟しなければならない。

炉内では縦吊りとし, 最小熱処理変形を狙った。

3) 真空炉とした

今回の導入炉が備えるべき最重要条件は, 熱処理変形が少ないこと, 次いで金属光沢のある表面性状であり, 省スペース化も考慮し, 総合的に安価な真空炉とした。

4) 冷却機構は別置きとした

処理室(加熱・焼入れ)を一室式としたので, 循環ファンとガスクーラは処理室に隣接して設置した。処理室と冷却機構とは大径ダクトで連結し, 室内上下に風の方向を効率的に変える風向板を取付けた。処理室内に配置したヒータにより加熱され, 昇温・オーステナイト化した長尺品は, 噴出する加圧ガスが, 循環ファンにより強力に吹きつけられ, “対流”伝熱により, すみやかに焼入れられる。内部保有熱は熱伝導により, 冷却される。

2.2 風洞実験

一般に対流による伝熱量 Q [kJ/h] は, 式(1)によって示される。(1)

$$Q = \alpha A (t_1 - t_2) \quad (1)$$

α : 熱伝達率 [kJ/m²·h·°C]

A : 伝熱表面積 [m²]

t_1, t_2 : 流体温度 [°C]

熱伝達率 α はレイノルズ数の関数で, 冷却ガス温度が低いほど, ガス流速が早いほど大きいことが知られている(2)。また風の流れかたでは層流よりも, 乱流熱伝達のはるかに大きいこともわかっている(3)(4)。

実機設計にあたり予め風洞実験を行い, 導入後の立ち上げ期間短縮を図った。本試験機は水冷ジャケットつき冷却ダクトとファンとで構成され, 塩浴炉で加熱された長尺品を本ダクト内で冷却し, 実体冷却温度を測定した。試験機の概要を図2, ハイスHS53M製長尺品の冷却曲線を図3, 恒温塩浴冷却曲線を図4に示す。ガスクーラ冷却能力とファン風量

を適切に選択すれば、恒温塩浴冷却に劣らない対流伝熱が可能なが理解できる⁽⁴⁾⁽⁷⁾。

導入炉には、上記試験をもとに決定した容量のクーラとファンを設置し、処理室マッフル内壁随所に取付けた風流板により、ガスは強力な乱流となり吸熱速度を早め、Ms点付近（約200℃）を緩やかに冷却して、突発的焼割れを防止し、熱変形を極小化する構造とした。

冷却ガス系にセットしたアネモマスターで流速測

定して、風向板・風流板・加熱熱源を遮る遮蔽板の形状、具体的取付け位置を決定した。

冷却機構を別置きとしたので、加熱中冷却水を加熱・蒸発させることなく処理ができ、加熱エネルギー節約に働いた。

2.3 長尺品縦形真空焼入炉

長尺品縦形真空焼入炉の外観を図5、レイアウトを図6、治具へのセット例を図7、炉の仕様を表2に示す。長尺品の装入・取り出しは炉頂から行い、セットした治具は炉内架台上に静止させ、処理する。

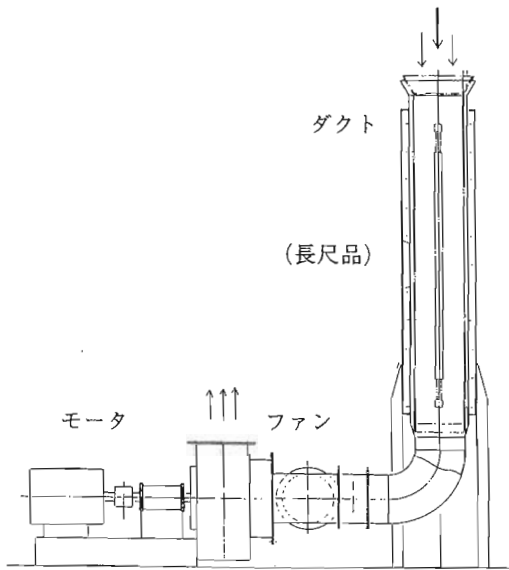
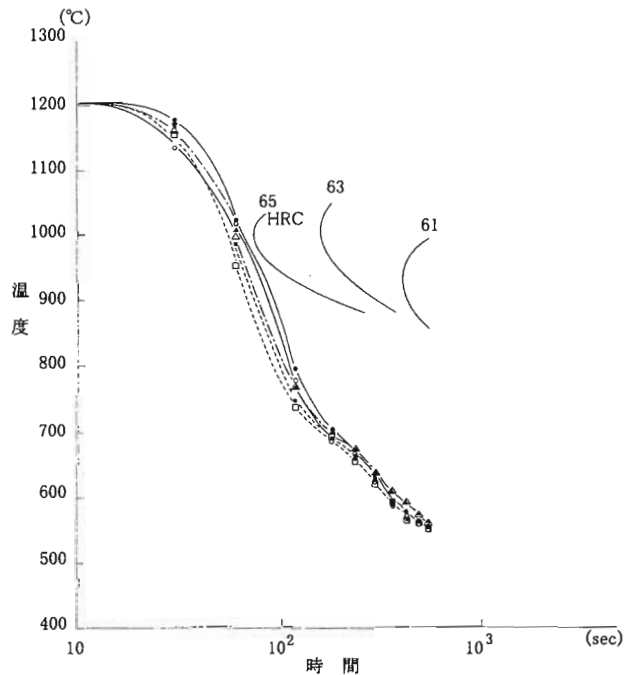
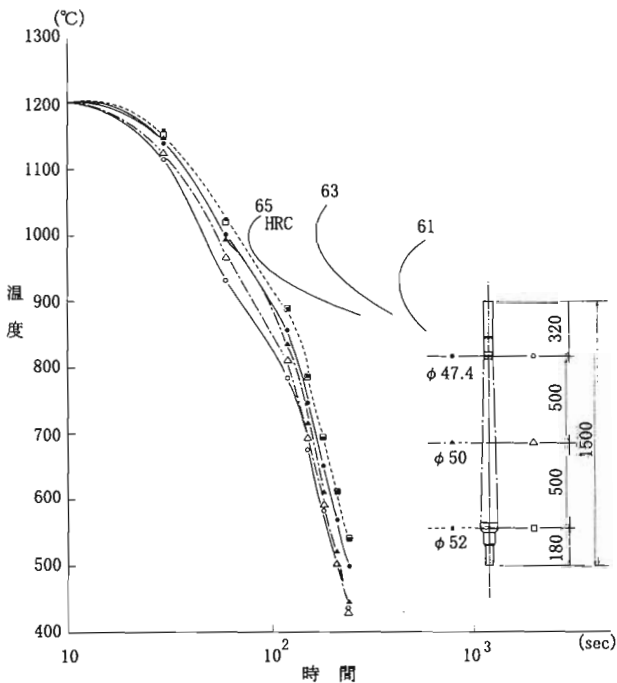


図2 風洞試験装置



ハイス：HS53M φ50×1,500

図4 恒温塩浴冷却曲線



ハイス：HS53M φ50×1,500 風速：60m/sec

図3 対流冷却曲線

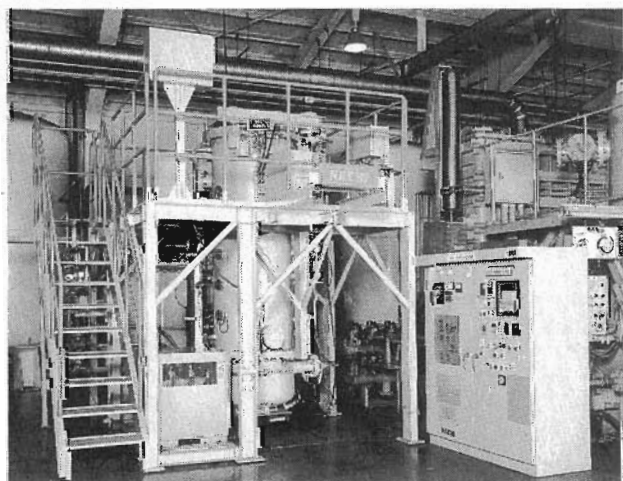
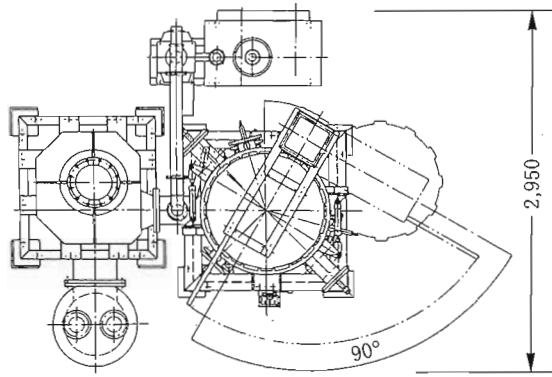
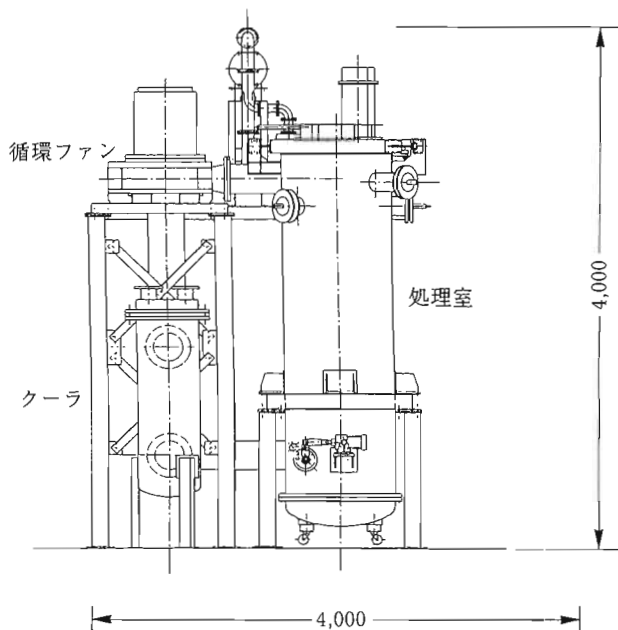


図5 縦形真空焼入炉



(1)平面図



(2)側面図

図6 レイアウト

表2 長尺品縦形真空焼入炉仕様

項目	仕様
装入寸法	φ 150×1,500mm
最大装入数	60kg
使用温度	(常用) 1,200°C (最高) 1,300°C
耐圧	最高 10kgf/cm ²
加熱	80KVA
冷却ファン	15kW
クーラ	480,000kcal/hr
冷却水	冷却水：最大 400l/min (25°C以下)
真空ポンプ	ロータリーポンプ 2.2kw メカニカルブースタポンプ 0.75kw
窒素ガス	12Nm ² /回 (3-5kg/cm ²)



図7 治具セット例

3. 操業例

- 1) 本炉によるハイス肉厚差による半冷時間⁽⁵⁾⁽⁶⁾例を表3に示す。焼入直後の顕微鏡組織を図8、焼入焼戻後を図9に示す。得られたマイクロ組織には初析炭化物の析出はなく、焼戻し後の二次硬化程度も正常で、所要硬さを満足した。切削に耐える熱処理特性、機械的強度を備えたマイクロ組織となっている。
φ 45×1,500 の長尺品を処理した場合、熱処理変形量が小さく、現行研削代 0.56mm を 0.30mm と大幅に短縮でき、完成までの所要工数が縮減できた。
- 2) 装入-加熱・昇温・保持-焼入-取出までの1サイクルは、市販一室炉の約60%と、短時間で済ますことができる。これは、ハイス工具を真空炉、雰囲気炉操業実績の積み重ねと炉設計技術により、昇温・保持時間短縮を図った結果である。

表3 半冷時間

直径	半冷時間
φ 20	40秒
φ 35	1分20秒
φ 55	1分55秒

×500

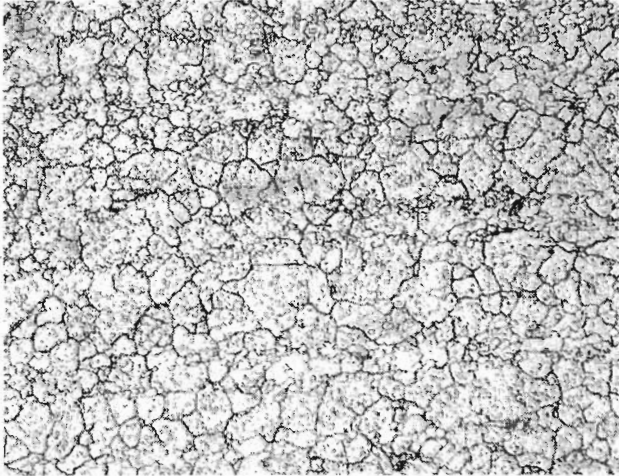


図8 顕微鏡組織 (焼入直後)

×500

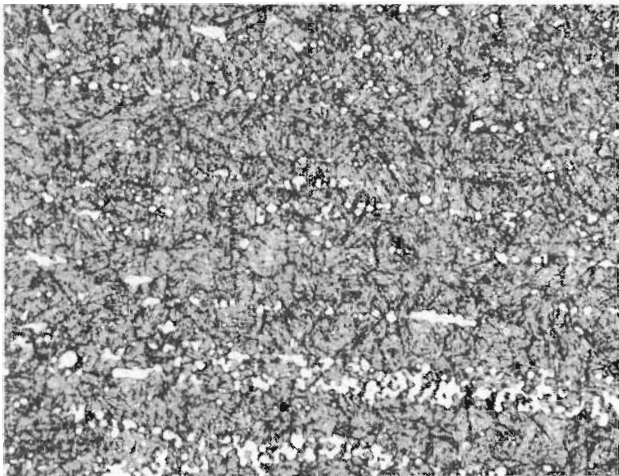


図9 毛微強組織 (焼入焼戻)

4. おわりに

1) 一般に真空炉の熱処理変形が少ないのは、加熱が緩やかなため熱応力が少ないためとされてる⁽⁷⁾⁽⁸⁾。しかし焼入れ、焼戻しに伴う相変態は避けて通ることはできないので、急速かつ均一に相変態させることが課題であった⁽⁷⁾。

今回の長尺ブローチ焼入には、高圧・高速・低温乱流不活性ガスで、揺らさず急冷すれば歪みが少なく、直径55mm品までの実績を得た。

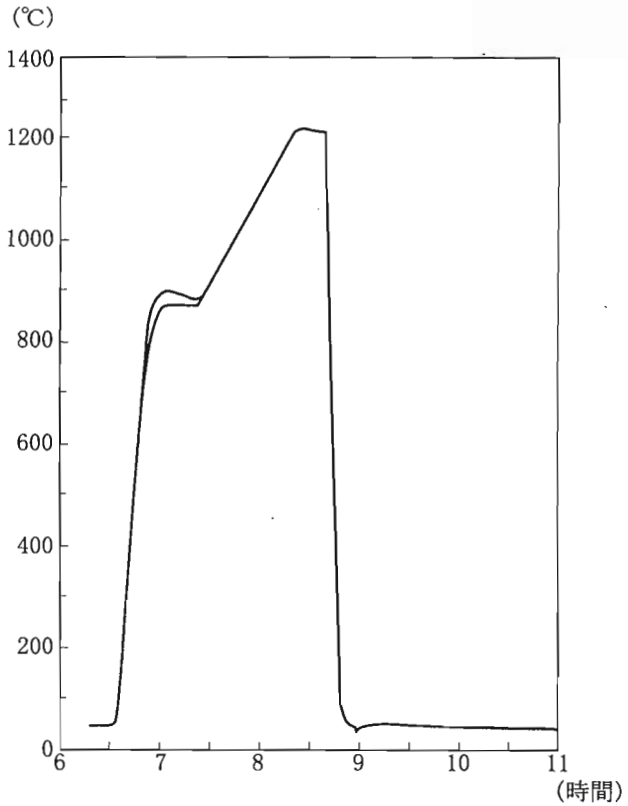


図10 操業温度記録

- 直径100mm 歯付ブローチも処理可能であろう。
- 2) 長尺ブローチの熱処理変形軽減手段としての縦形真空焼入炉が操業に入り、
 - (1) くせの少ない変形とし、矯正にさして熟練を必要とせず
 - (2) 研削代を約1/2に縮減した
 - 3) 今後は、材料源流である製網部門の協力を得て、更なる熱処理変形減少策を見いだしていきたい。
 - 4) また本形式炉はロール、ローラ、スクリュウなどハイス・ダイス鋼製長尺品の焼入に最適である。

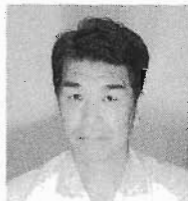
文献

- (1) 日本工業炉協会編;新版工業炉ハンドブック, 33 (1997)
- (2) 不二越産業装置部;工業炉設計資料, (1970)
- (3) 燃焼及び燃焼社編;実用熱管理モノグラフ集(1972)
- (4) 和泉重彦, 藤縄市低;不二越技報, 43(2)p137-142 (1987)
- (5) 日本熱処理技術協会編;熱処理技術シリーズ 特殊鋼の熱処理, p20-1 (1970)
- (6) 松尾 明, 松本 伸;工業加熱, 34(3), p52-59 (1996)
- (7) 勝俣和彦;工業加熱, 33(6), p20-30 (1995)
- (8) 田中瑞人;工業加熱, 34(4), p71-79 (1996)



藤織市氏

1961年 入社。工業炉製造・販売に従事。
 1983年より切削工具雰囲気熱処理化に取り組む。
 1989年 メタルバンドソー製造技術改革に従事。
 1996年 工具用材料・熱処理技術に従事。



池田精作

1969年 入社。
 1985年 ハイス真空焼入炉開発に従事。
 1986年 加圧冷却雰囲気焼入炉開発に従事。
 1987年 3空型真空焼戻炉開発に従事。



浅田泰弘

1981年 入社。東富山製鋼所にて、焼結製品の開発、製鋼ラインの工程改善などに従事。
 1997年 現クリーンサーモ部にて工業炉、コーティング装置の製造に従事。