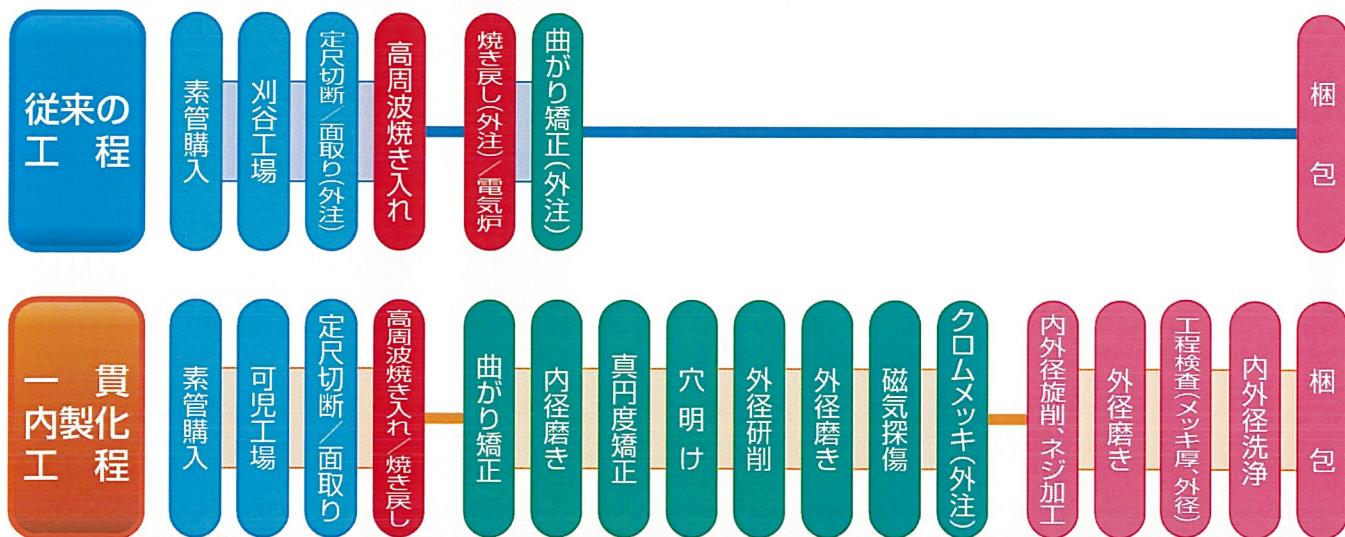


フロントフォーク・インナーチューブの一貫加工

熱処理だけでなく機械加工・メッキ加工を含めた一貫内製加工により
製品の負荷価値を高め、お客様の品質向上および納期短縮に貢献します



内製化のメリット

1. 生産性の向上

従来の定尺切断、高周波焼入・焼戻、曲がり矯正から穴明け、研磨、メッキ工程を加え、一貫内製化することにより製品の付加価値を高め、収益性の向上を図る

2. 品質の改善

玉通し、自動曲がり矯正等の新規工程を取り入れることにより歩留まりの改善、品質の改善を図る

3. 設備の有効活用

中空ラックバー以外の製品を可児工場で加工することにより、可児工場の設備の負荷率(稼働率)の向上が図れる。(焼入機、研削盤、磁気探傷機、等)

直接通電加熱（DH）による鋼線、鋼板の急速加熱

高周波熱鍊株／ネツレン ○大山弘義、生田文昭、三阪佳孝、川寄一博

1. 緒言

直接通電加熱（DH : Direct Heating）技術・装置の研究開発は、半世紀以上前の誘導加熱基礎理論の確立以前から主に鉄鋼材料製の被加熱物を対象に行われていたが、被加熱物との直接電気接触部である電極の開発に課題が多く、広く汎用的な実用技術には至っていないと推察される。

弊社では、高周波誘導加熱設備の製造、高周波焼入受託加工に加えて、高周波全体加熱・連続焼入れ・焼戻しによる PC (Pre-stressed Concrete) 鋼棒や冷間成形コイルばね用鋼線などの高強度鋼線材の製造を行っていることから、約 40 年前のオイルショックを契機に、DH のエネルギー変換効率の良さを連続鋼線材熱処理に活かすべく DH 装置開発を開始し、1982 年に電極の高寿命化に成功して連続鋼線材の量産に適用開始し、種々の連続線材用 DH 装置の販売も開始した。また、2008 年からは、自動車車体用などの薄板（薄鋼板）の加熱・熱処理への DH 適用開発にも取り組んでいる。

以下で、最近までの弊社の DH 技術・装置の開発状況を報告する。

2. 連続鋼線材への適用

図 1 に連続鋼線材用の DH 装置の外観と仕様を示す。変圧器には弊社独自のインラインに配置するリングトランス方式を用い、電極間に電圧が発生しないため作業者にも鋼線材製品にも安全で、コンパクトな構造となっている。電極（ロール）でのスパーク対策としては、鋼線材表面の清浄性の維持、線材と電極の適正接触面積の確保、被加熱物の材質や加熱温度に応じた電極材質の選定に留意している。

すでに、焼入れ、焼鈍、熱間鍛造、パテンティングの加熱に使用され、さらに用途展開も進めており、たとえば、使用目的や仕様に応じて、線径や加熱温度の範囲拡大（オーステナイト化→焼入れだけでなく、温間加工前加熱など）、送り速度の高速化を図っており、装置のコンパクト化では、線径 12mm 用の装置で、厳しいスペース制約の中でのインライン化要請に応えるため、全長を従来装置の約 1/5 まで短縮した装置例もある。

3. 薄板（薄鋼板）への適用

自動車業界では、低燃費化への強い要請に対して多種多様な対策を進めており、中でも車体用薄板の高強度（ハイテン）化による軽量化は重要な課題である。ただ、実用化には成形加工、熱処理、溶接など周辺技術開発も付随して必要となり、たとえばホットプレスや熱処理では、薄板の加熱技術が重要な要素となる。弊社では、鋼線材以外に、自動車センターピラー用薄板を DH により部分加熱熱処理した経験もあり、自動車用薄板の多様な加熱目的に適用可能な DH 技術開発を実施している。

3. 1 「矩形」薄板への適用

図 2 に矩形薄板（試験片：幅 100mm、長さ 1,000mm、板厚 1.2mm、SPCC/JIS G3141 “冷間圧延用鋼板および鋼帯”）へ適用した DH 装置の外観と仕様を示す。本装置では、前後の薄板搬送装置との連携のため外部トランス方式を用い、電極は、材質を鋼線材での経験から選定し、ブランク材の長さに応じて可動とし、電気的接触の片当たり防止、加熱時の鋼板の伸び吸収が可能な機構としている。

形式	DH51
定格容量	1,200kW
定格電流	10,000A
線径 (max)	13mm

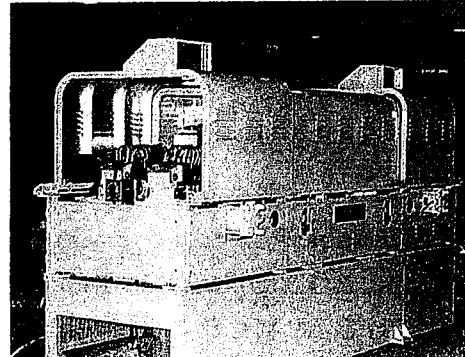


図 1 連続鋼線材用 DH 装置

同装置は、図3に示すホットプレス工法（アステア社らがH19～21年度サポイン（戦略的基盤技術高度化支援）事業として開発。弊社も参加）用のDH装置として使用され、新鋼種や加工技術の開発成果も合わせて、ドメインパクトビーム、バンパー（焼入材引張強さ1,370MPa、熱処理品質、成形性を満足）の製造に実使用されている¹⁾。

今後は、形状寸法の異なる薄板部材毎の実施にはなるが、多様な要求仕様を満足できるように、均熱性向上や、加熱目的に応じた条件の最適化を図り、周辺設備を含めてさらなる進化を目指している。

3.2 「非矩形」鋼板への適用

自動車車体用の薄板部材では、軽量化は元より、製造の効率化・低コスト化のために複雑形状の非矩形部材が多く使用されていることから、非矩形薄板のDH技術開発も行われているが、実用化には至っていないとされている^{2,3)}。

弊社では、新たな移動電極法を開発し、非矩形薄板のDHを可能にし、均熱性向上に取り組んでいる。

図4は非矩形薄板の加熱状況（台形：上底100mm、下底

200mm、長さ500mm、板厚0.6mm、SPCC、加熱温度950°C、時間7s）を示したもので、電源は单一で、片側に固定電極、反対側に移動電極を配置し、電流値一定の場合、長手方向断面積各部分での電極の移動速度を調整することにより、断面積が異なる部材の均熱化を可能としている。

移動電極法は台形以外の非矩形薄板へも適用可能で、形状・断面積変化がより複雑な薄板への適用開発を進めており、自動車ピラーやフレームなどへの実用化を目指したい。

4. 結言

DH技術・装置の開発実用化事例を報告した。今後は、連続鋼線材では、適用線径、材質などを拡大し、薄板では、非矩形、複雑形状部材での均熱性向上技術などの開発を進め、材料熱処理面の特長も確認しながら、さらなる実用化を図りたい。

[参考文献]

- 1) H21年度サポイン報告書（中国経済産業局）「自動車板金部品に対応した熱処理技術の開発」（2010-3）。
- 2) 森謙一郎、他：塑性と加工、54-627, p.37 (2013-4)。
- 3) 牧清二郎：第291回塑性加工シンポジウム“ホットプレスへの通電加熱の応用”，p.61 (2011-6)。

形式	BH31
定格容量	500kW
定格電流	18,000A

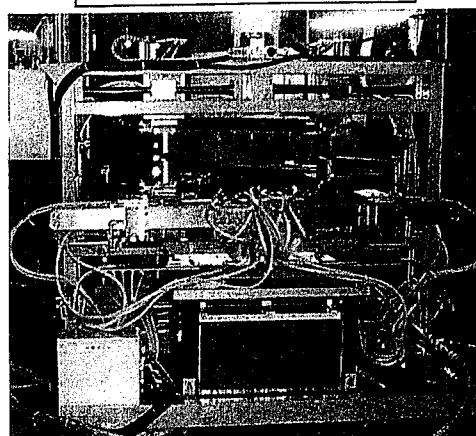


図2 矩形薄板用DH装置

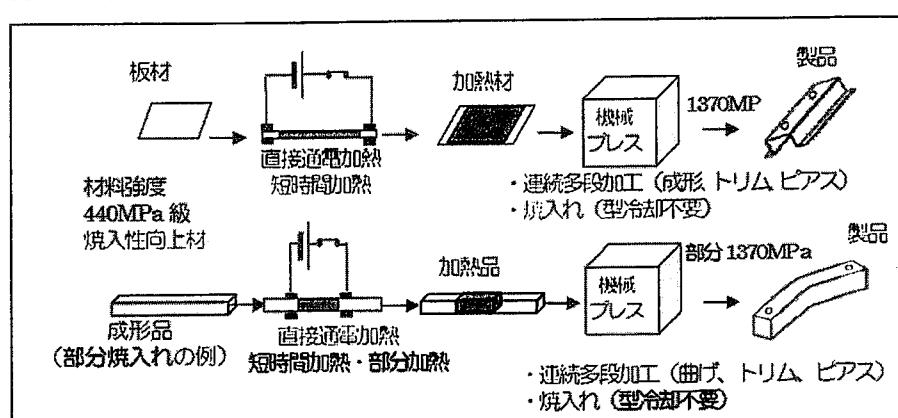


図3 ホットプレス工程での矩形薄板用DH装置の使用例¹⁾

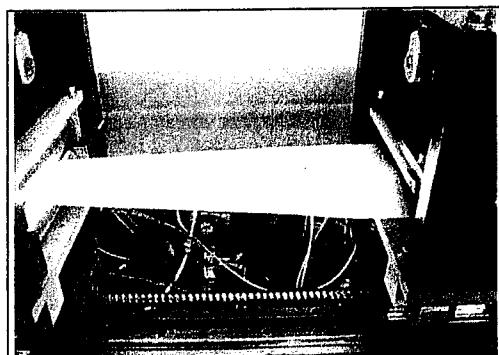


図4 非矩形薄板（台形）の加熱状況

W-Eco (Ecological & Economical)

鋼線、鋼板の直接通電加熱(DH)

★ 直接通電加熱/DHとは

導電性被加熱物に通電し、物体の内部抵抗により発生するジュール熱を用いて被加熱物を直接加熱(DH: Direct Resistance Heating)する方式です。

★ 特長

- (1) 環境に優しい電気加熱
- (2) 高いエネルギー変換効率を活かした短時間加熱
- (3) 装置がコンパクトで省スペース

★ 開発経緯

- (1) 連続鋼線材熱処理に適用開始(1982年)
- (2) 連続線材用装置の販売開始(1990年)
- (3) 自動車車体用等の薄板の加熱・熱処理への開発開始(2008年)

★ 連続線材への適用

線材用DH装置に、ネツレン独自のリングトランス方式を用いています。

[特長]

- (1) 電極間に電圧が発生しないため製品、人に安全な装置
- (2) コンパクトな構造による省スペース

[用途]

焼入れ、焼鈍、熱間鍛造、パテンティング

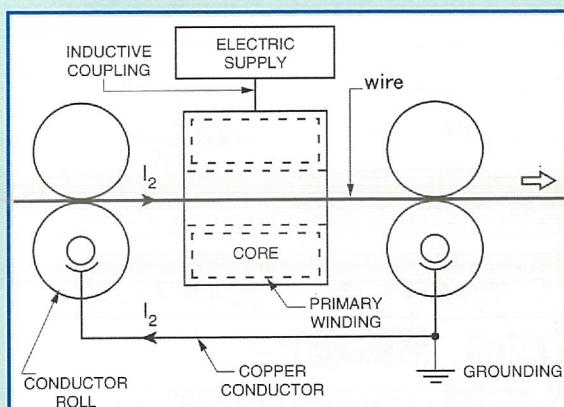


図1 変圧器型DH装置の基本構成

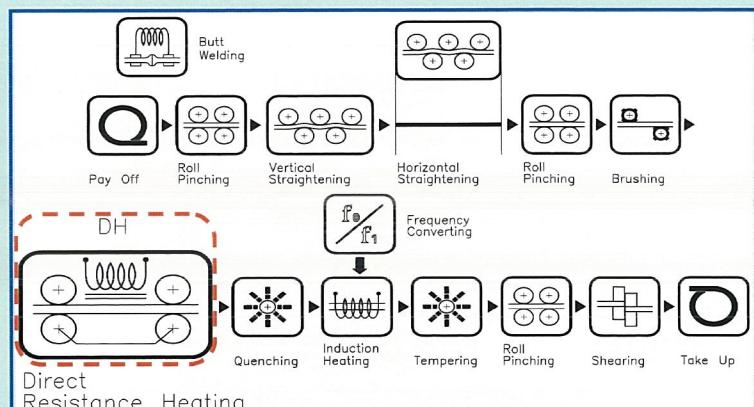


図2 線材熱処理用DHシステムのプロセスフロー

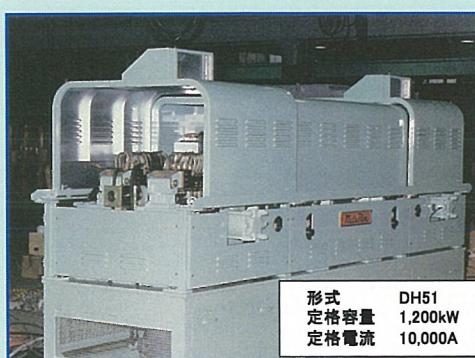


図3-1 線材用DH装置

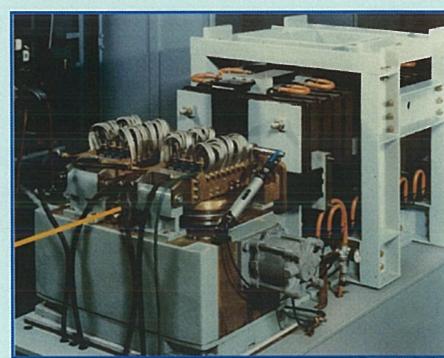


図3-2 同左の電極部

★ 薄板への適用

自動車用はじめ薄板の加熱に適用しています。

①「矩形」薄板への適用

矩形薄板用のDH装置は、例えばホットプレス工法の加熱装置として使用されています。

- (1)ドアインパクトビーム
- (2)バンパービーム

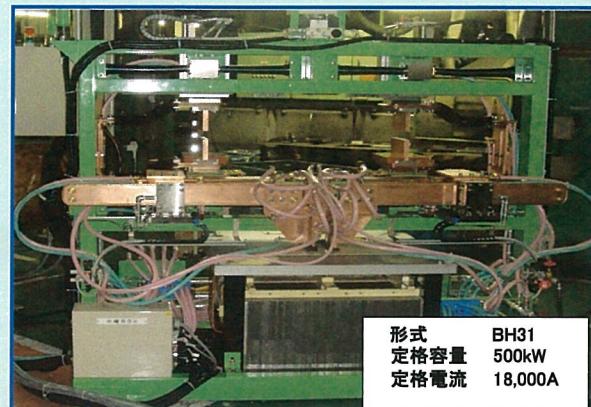


図4 矩形薄板用DH装置

②「非矩形」薄板への適用

新たな移動電極法を開発し、非矩形薄板のDHを可能にしました。

さらに、形状・断面積変化がより複雑な薄板への適用拡大を進めています。

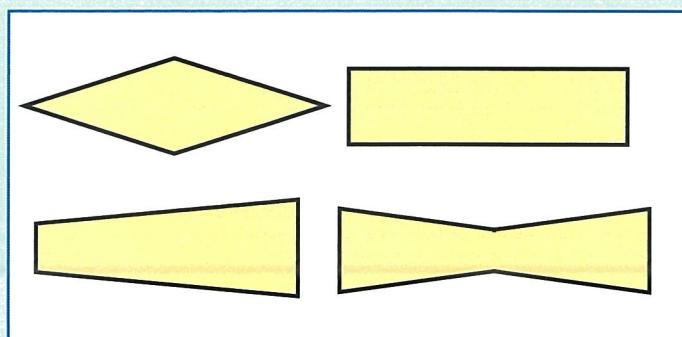


図6 ブランク形状適用例

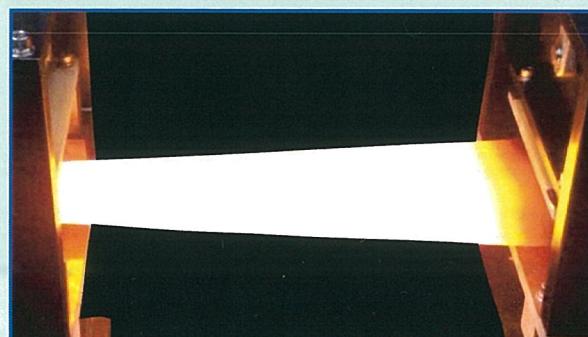


図5 非矩形薄板(台形)の加熱状況

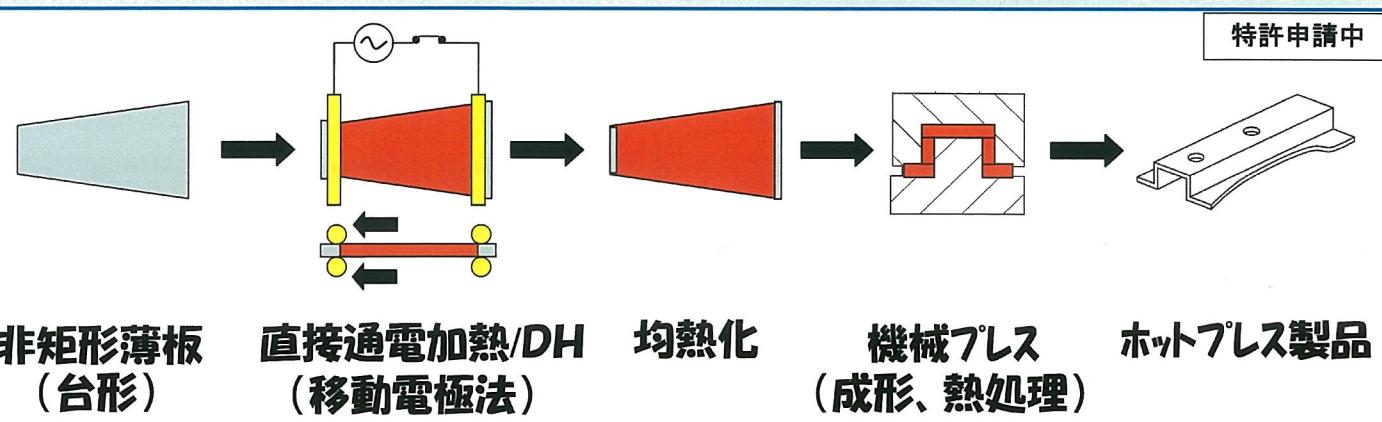


図7 ホットプレス用DHシステムのプロセスフロー