

【241】

氏 名	戸 田 健 三 と だ けん ぞう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 811 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 9 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	連続焼鈍による深絞り用冷延鋼板の製造に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 平 修 二 教 授 足 立 正 雄 教 授 田 村 今 男

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は深絞り用鋼板の製造において冷間圧延過程以降に短時間連続焼鈍の工程を導入することによって極めて勝れた特性をもつ超深絞り鋼板その他を高効率で製造する新しい方法を開発した経過を金属組織と工程との関連で論じたもので5編よりなっている。

第1編緒論ではプレス加工用超深絞り鋼板では深絞り性、スプリングバック性、歪時効性が重要でそれらは鋼板の化学成分、固溶炭素、窒素量、集合組織、結晶粒度、降伏強度等により支配されるとして製造工程とこれら支配因子の関係より従来のバッチ焼鈍工程に比し連続焼鈍工程の導入が格段と優位にあることを述べ本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2編では連続焼鈍によって勝れた超深絞り鋼板を製造するためには適正な素材成分の撰択、高い熱延捲取り温度の採用および応力時効を考慮した適正焼鈍条件の採用が不可欠であることを再結晶集合組織の形成機構と関連した金属組織学的検討により明らかにした過程を詳述している。すなわちキャップド鋼および Al キルド鋼のプレス用鋼板製造に連続焼鈍工程の導入を可能にする適正な素材の化学成分を検討するために、Mn, S および O の含有量の相互関係を規定するパラメータ K 値を導入し、K 値を適正範囲に調節するとプレス性が顕著に向上することを明らかにしている。次に適正 K 値をもつ素材を熱間圧延する場合の熱延条件について検討し、熱延過程中的微細析出物の挙動の観察を通じて熱延板中に微細に析出した MnS が製造の後段過程の冷間圧延後の連続焼鈍時における再結晶粒の撰択成長を可能にすることを見出し、また高温（約 700℃）捲取りによって炭化物が結晶粒界に凝集し粒内を清浄化するため焼鈍時の撰択成長結晶粒の円滑な成長が促進され、その結果深絞り性に好ましい集合組織が形成されるという機構を明らかにした。

次に連続焼鈍工程における再結晶焼鈍、それに続く固溶 C および N の析出を促すための過時効過程について詳述している。鋼帯は巻戻りリールより巻取りリールまで約 1.5km に達するため、連続焼鈍炉は必然的に堅型炉になり、鋼帯は炉中通過の際ハースロールにより繰返し曲げをうけることになり、従ってこ

の過程は応力負荷のもとでの過時効が問題となる。過時効中に附加される応力によって生じた転位が固溶炭素の拡散を促した析出核として作用するため結晶粒内での炭化物の析出を促進する効果があるとして、かゝる観点より附加応力の大きさ、過時効温度および時間の関係について、析出炭化物の観察を主とする広範な実験を行ない、最適焼鈍温度を 700℃、過時効温度は 350～450℃の範囲が適当であることを見出し、鋼帯厚さとハースロール径、曲げ応力負荷時間の適正関係式を導きプラント設計の基本条件を明らかにしている。

第 3 編では連続焼鈍工程導入による超深絞り鋼板製造方法の旧来のバッチ焼鈍工程による製造法に比して顕著な利点を 3 つの例について示している。第 1 例は真空脱ガス Ti 添加鋼の場合で連続焼鈍による高い焼鈍温度が安価で良質な深絞り鋼板の製造を可能にすることを示している。第 2 例は自動車用高強度鋼板の製造における連続焼鈍工程の適用で、急熱、急冷および再熱処理工程を材質に応じ適宜組合せ導入することができ、旧来法に比し 3 つの利点を指摘している。すなわち、第 1 は降伏強度-伸びバランスが勝れている。第 2 は Ti、Nb 等の析出硬化を利用する場合急熱急冷によって炭窒化合物が微細に分散し強化が有効に行われるため、従来法に比し Ti、Nb 等の添加が約 1/5 程度で済むこと、第 3 にバッチ焼鈍と異なり連続焼鈍では焼鈍が極めて均一に行われるため成品特性がコイルトップよりコイルエンドまで極めて均質であることを示している。

第 3 例は連続焼鈍法により製造されるホロー用鋼板の開発成果である。ホロー用鋼板ではプレス成形性と耐爪飛び性が要求されるが従来ではこれらが両立せず両者の妥協点の検討が研究課題であったが、熱延高温捲取りによってプレス成形性の向上を図る連続焼鈍法は同時に鋼板中に凝集炭化物に基くポイドを形成して爪飛びを防止するためプレス成形性と同時に耐爪飛び性も顕著に向上することを実証している。

第 4 編は連続焼鈍法を工業化するための設計、設備に関する研究成果ならびに建設された設備の操業実績、従来法に対するメリット比較、得られた成品の特性値等について述べている。連続焼鈍による超深絞り鋼板製造設備の基本構想は、従来独立していた電解清浄、焼鈍、防錆冷却、調質圧延および検査の 5 工程を一本のラインに連続化せしめている。対象となる鋼帯は厚さ 0.4～1.2 mm、板幅最大 1.240 mm、最大通板速度 200 m/分であって驚異的な生産能率の向上を詳細な数値でもって示している。特に特徴的な設備として開発されたものに適正径ハースロールを備えた過時効帯炉、外乱防止を備えた鋼帯の真温測定装置、ライン内での鋼帯の蛇行を防ぐステアリング装置と工業用テレビの信号によるその自動制御システム、鋼帯を切断することなく迅速（2 分以内）にワークロールの組替えを行いうる調質圧延機などについて詳述し、これらが基礎研究に基く独自の開発であってこれらは夫々に単一設備と見ても画期的な内容を有するものであることを強調している。

論文審査の結果の要旨

プレス加工用深絞り鋼板は極度に均質性を要求されるもので、その製造方法について種々の検討が行われて来たが、本論文では従来困難とされていた冷間圧延後の過程に連続焼鈍炉を導入し、極めて均質な勝れた特性をもつプレス成形用冷延鋼板の連続生産を可能にした経緯を述べたものである。

プレス加工用超深絞り鋼板では深絞り性、スプリングバック性および歪時効特性が重視されるが、これらの特性には鋼材の化学組成、結晶集合組織、結晶粒度や降伏強度特性が支配因子の主たるものである。本論文では連続焼鈍工程導入を前提として製造過程を適正素材の撰定、熱間圧延工程、冷間圧延以降における再結晶焼鈍およびそれに続く過時効過程および応力時効過程の各段階に分け、各段階について光学および電顕観察等を駆使して、良好な深絞り鋼板に特徴的な結晶組織における微細析出物の発生の度合いを検討することにより各段階における加熱、冷却および加工の最適条件を探り、その結果に基づいて各段階の製造設備の設計条件の設定を試みている。

適正な素材成分の撰択についてはキャップド鋼および Al キルド鋼について Mn、S および O 含有量の相互関係を規定するパラメータ K 値を導入し、この値を適正範囲に調節することにより顕著なプレス性が得られることを見出している。

適正 K 値をもつ素材の熱間圧延については、熱延過程中に微細に析出した MnS が其の後の冷間圧延における連続焼鈍時の再結晶粒の撰択成長を可能にする現象を見出し、また炭化物が結晶粒界に凝集し易い高温（700℃）捲取りが深絞り性向上に好ましい集合組織形成に有利であるという機構を明らかにしている。

冷間圧延工程における連続焼鈍過程は短時間再結晶焼鈍段階と炉内に上下に連続配置されたハースロール間を高速通過する鋼帯に生ずる無応力過時効および繰返し曲げ応力附加過時効の組合せの段階よりなり、前段階の焼鈍温度条件、後段階の附加応力の大きさ、過時効温度および時間等の関係について析出炭化物の観察を主とする広範な実験を行い、最適焼鈍温度（700℃）および最適過時効温度範囲（350～450℃）を設定し、これに基づき鋼帯厚さとハースロール径、曲げ応力負荷時間等の関係を与える適正関係式を導き、装置設計の基本条件を与えている。

以上の基礎研究の結果に基づき設計製作された連続焼鈍による超深絞り鋼板製造設備は、従来独立に設置された電解清浄、焼鈍、防錆冷却、調質圧延および検査の 5 工程を一本のラインに連続設置し、0.4～1.2 mm 厚さ、最大 1.240 mm の板幅の鋼帯を最大 200 m/min の通板速度で連続冷間圧延することに成功し均質なプレス用冷延鋼板の驚異的な生産能率の向上をもたらした。

この設備では急熱、急冷および再熱処理工程を材質に応じて適宜組合せ導入することを可能にし、前記鋼種のほか、自動車用高強度鋼板、また良質なホロー用鋼板等の開発にも成功している。

以上を要するに本論文は鋼材の微視結晶組織における微細析出物の析出現象とプレス成形性の相関関係の検討に基く基礎研究の成果によって、独自の設計になる連続焼鈍による深絞り用鋼板製造設備の開発を行い、均質な良質プレス用冷延鋼板の生産能率を驚異的に向上させることに成功したものであって、学術上および工業上貢献するところが多い。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。