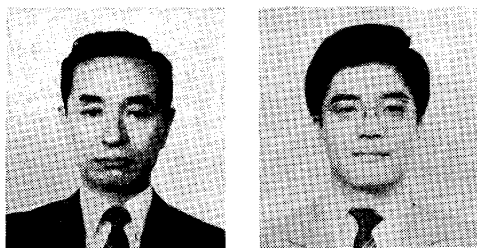


俵 論 文 賞

日本鋼管(株)技術研究所第一研究部製鉄研究室長				宮下恒雄君
〃	〃	〃	〃	主任部員
〃	〃	〃	〃	吉越英之君
〃	〃	〃	〃	主任部員
〃	〃	〃	〃	松井正治君
〃	〃	〃	〃	実験室長
〃	〃	〃	〃	田島治君
〃	〃	〃	〃	製鉄研究室部員
				福与寛君

コールドペレットの連続急速養生プロセスの開発および成品の性状評価
(鉄と鋼, 69 (1983) 16, pp. 1974-1981)



宮下君は昭和 33 年 3 月京都大学工学部冶金学科卒業後、ただちに日本鋼管(株)入社、48 年 2 月技術研究所製鉄研究室課長、56 年 7 月同室長、59 年 2 月同所高压粉体加工研究部部長となり現在に至っている。この間 39 年 6 月より米国カーネギー工大に留学している。

吉越君は昭和 35 年 3 月千葉工業大学金属工学科卒業、同年 4 月東京大学生産技術研究所入所、44 年 7 月から東北大学選鉱製錬研究所勤務を経て、47 年 9 月日本鋼管(株)入社、50 年 7 月技術研究所製鉄研究室主任部員となり現在に至っている。この間 42 年 5 月より西独マックスプランク研究所に留学している。

松井君は昭和 34 年 3 月京都大学工学部冶金学科卒業後、ただちに日本鋼管(株)入社、50 年 7 月福山製鉄所コークス工場長、57 年 4 月技術研究所製鉄研究室主任部員を経て、59 年 2 月第 2 重工本部製鉄エンジニアリング部技術室主任部員となり現在に至っている。

田島君は昭和 33 年 3 月慶応義塾大学工学部計測工学科卒業後、ただちに日本鋼管(株)入社、51 年 7 月技術研究所化工研究室主任部員を経て、57 年 4 月同所第一研究部実験室長となり現在に至っている。この間 40 年 4 月から東京大学工学部化学工学科に留学している。

福与君は昭和 52 年 3 月東京工業大学工学部材料科学専攻卒業後、ただちに日本鋼管(株)入社、技術研究所製鉄研究室勤務となり現在に至っている。

従来のコールド・ペレットはセメントや水滓などの水和結合剤を用いて、工場内で発生するダスト類や微粉鉱石を対象として工業化されてきた。これらの方法は原料にセメントなどを配合して生ペレットを製造した後、ハンドリングに耐える強度を得るために 5~30 日の長期間の養生を必要とした。このため、養生のための広いヤードや大型の貯鉱槽を必要とし、生産性が低いという問題点があつた。

本研究開発では、生ペレットの養生温度を高めることによつて、短い養生時間で、優良な品質のコールド・ペレットを製造する技術について基礎研究から工業化までを実施した。

具体的には養生時間を 10h 以内に短縮することを目標として、まず、基礎研究で以下の成果を挙げた。

(1) 生ペレットの養生時間は高温ほど短縮できることに着目して 100°C の蒸気養生に取り組み、生ペレットを崩壊させることなく短時間で養生するためには、原料条件ごとに低温加熱を含む最適な加熱パターンの存在することを明らかにした。

(2) (1)の加熱パターンに基づいて、温度と供給熱量を厳密にコントロールする蒸気凝縮法を開発した。この方法により、通常ガス流伝熱法に比し、約 10 倍の伝熱量を得ることができるようになった。

(3) 水和結合剤としてセメントを使用した生ペレットを蒸気養生した後、炭酸ガス雰囲気下で乾燥すれば、生ペレット内に生成した $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が CaCO_3 に転換して強度が著しく向上することを明らかにした。これは工場内の燃焼廃ガスを利用できるという一石二鳥の効果が期待できる。

これらの成果をもとに、生ペレットの製造、予備乾燥、水蒸気養生、炭酸ガス雰囲気乾燥・冷却という組合せで 10h 以内にコールドペレットが製造できることを明らかにした。

続いて、パイロットプラント(能力 6.5 t/d)の建設に着手した。養生関連設備として、前段の予備乾燥と水蒸気養生、後段の炭酸ガス雰囲気乾燥と冷却は堅型移動層設備を採用した。水蒸気養生にはユニークな十字流の凝縮加熱法を用いている。また、プラント内で必要となる加熱エネルギーや炭酸ガスはすべて、製鉄所内の他設備の余剰ガスを利用できる。

操業においては、前記基礎研究の成果を確認しつつ、所期の 6.5 t/d の生産量の確保とコールドペレットの歩留(+5 mm)りが 97.5~99% という優れた成果を得ている。

製造されたコールドペレットの圧潰強度は 160 kg/p 以上であり、高炉に使用した場合の還元過程における強度変化も調査して、電気製鉄炉のみならず大型高炉でも使用可能であることを明らかにした。

なお、本研究開発の成果は 100 t/d のフェロアロイ原料処理プラントの建設と操業に反映され、昭和 58 年 11 月以降順調な操業を継続している。ここで製造されたコールドペレットを使用した電気炉は、電力原単位で 6.5%、コークス原単位で 5% 低下するという優れた成績をあげていることを付記しておく。

以上、本研究開発はユニークな着想と設備の開発により、従来のコールドペレットの製造時間を著しく短縮す

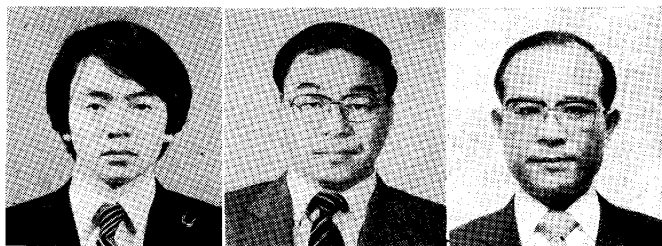
るとともに、プラントのコンパクト化に成功し、これがコールドベレットの経済性を高め、企業化の発展に結びついたことは工学・技術の発展に極めて有意義である。

依 論 文 賞

新日本製鉄(株)本社人事部

- 竹内 栄一君
 “ 広畑製鉄所製鋼部製鋼技術室掛長
 藤井 博務君
 “ 第一技術研究所特別基礎第二研究センター
 所長・主任研究員
 大橋 徹郎君
 “ 広畑製鉄所設備部機械技術室掛長
 丹野 仁君
 “ “ 生産技術部冷延管理室掛長
 高尾 滋良君
 “ “ “ 製鋼部長
 古垣 一成君
 “ エンジニアリング事業本部プラント事業部
 戸畑プラント製作所設計第一部部長代理
 喜多村 治雄君

鋳型内電磁攪拌によるリムド相当鋼の連続鋳造
 鉄と鋼, 69 (1983) 14, pp. 1615-1622



竹内君は昭和 50 年 3 月九州大学工学部冶金学科卒業後 52 年 3 月同大学院冶金学専攻修士課程を修了後、新日本製鉄(株)入社、広畑製鉄所技術研究室に勤務、57 年 6 月よりカナダブリティッシュコロンビア大に留学となり現在に至っている。

藤井君は昭和 45 年 3 月大阪大学工学部冶金学科卒業後、47 年 3 月同大学院冶金学専攻修士課程を修了後、新日本製鉄(株)入社、広畑製鉄所技術研究室に勤務。同室掛長 57 年 11 月より製鋼部勤務となり現在に至っている。

大橋君は昭和 37 年 3 月大阪大学工学部冶金学科卒業後、富士製鉄(株)入社、広畑製鉄所研究所勤務、43 年 6 月から 45 年 12 月まで西ドイツ、マックス・プランク

鉄鋼研究所に留学後、同所掛長、54 年 9 月製鋼部製鋼技術課長、56 年 2 月広畑技術研究部部長代理をへて、58 年 6 月第一技術研究所勤務となり現在に至っている。

丹野君は昭和 46 年 3 月日本大学理工学部精密機械工学科卒業後、新日本製鉄(株)入社、広畑製鉄所設備部設備技術室に勤務、54 年 12 月同室掛長となり現在に至っている。

高尾君は昭和 43 年 3 月名古屋大学金属工学科卒業後、45 年 3 月同大学院金属専攻修士課程修了後、新日本製鉄(株)入社、室蘭製鉄所研究所勤務。52 年 4 月基礎研究所、55 年 2 月広畑製鉄所勤務となり現在に至っている。

古垣君は昭和 31 年 3 月九州大学工学部冶金学科卒業後、富士製鉄(株)入社、広畑製鉄所製鋼部に勤務。同部製鋼工場長、製鋼技術課長、46 年 10 月本社製鋼技術管理課長、51 年 4 月広畑製鉄所製鋼部副部長 54 年 3 月生産技術部副部長をへて 56 年 6 月製鋼部長となり、現在に至っている。

喜多村君昭和 40 年 3 月名古屋工業大学機械工学科卒業 42 年 3 月東京工業大学工学部機械工学修士課程修了後、八幡製鉄(株)入社、工作本部勤務、現在に至っている。

本論文は、電磁攪拌装置を内蔵した連続鋳造用偏平鋳型を用い、凝固前面で所定の溶鋼流動を与えることによつて CO 気泡の発生を抑制し、性状に関してリムド鋼と同等の鋳片を試作したことを扱つたものである。

一般に、かつてのリムド鋼は過剰の脱酸剤を用いて脱酸したのち連続鋳造されており、製品の加工性や表面処理性、あるいは製造の合金原単位等に種々の問題を宿している。

本研究の基本をなす着想は、凝固時の固液界面で溶鋼流動が作用した場合、CO 気泡発生に必要な過飽度が低下して気泡発生を防止出来ることを、理論的かつ実験的に見出したことである。この着想を工業化する上での技術的課題は、鋳型内で整然とした溶鋼流動を継続的に発生させることにある。このため、まず低融点金属を用いた実験で電磁攪拌装置の基本仕様を明確にし、次いで実用鋳型に電磁攪拌装置を設置し、必要流速を得るうえで障害となる銅板の磁束減衰を回避するために薄肉銅板/ステンレス鋼板の複合冷却板を採用し、十分な強度、耐久性ならびに必要な攪拌流速を確保した。

この電磁攪拌鋳型でリムド相当鋼の鋳造実験を行い、下記の効果を確認した。

(1) 例えば [C]0.04%, [O]80 ppm の溶鋼の場合、0.8 m/s の流速で CO 気泡発生は抑制され、sol. Al 0.004% 以下のリムド鋼相当鋳片が得られた。この組成においては、介在物が小型の MnO-SiO₂ 系になることも相俟つて、製品での表面性状、加工性等の改善が見られた。

(2) 鋳型内流動により凝固殻発達が均一となり、鋳片表層にリム相に相当する負偏析帯が生じるとともに、オキシレーション・マークが平滑になつて、表面疵防止に効果的である。

以上のように、本研究は製鋼技術上の課題であるリムド相当鋼の連鋳化を可能にし、工業的に高く評価されるとともに、溶鋼流動による気泡抑制現象ならびに鋳型内

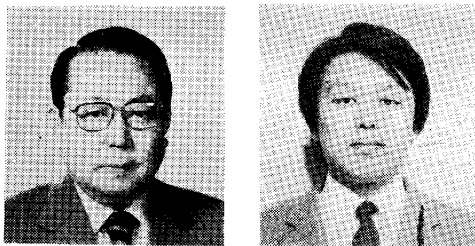
電磁攪拌装置の設計・製作に関して多くの独創的成果が見られ、今後の連続鋳造技術に貢献するところが極めて大きい。

依 論 文 賞

大阪大学工学部教授
森 田 善一郎君
〃 大学院工学研究科
田 中 敏 宏君

“Thermodynamics of Solute Distributions between Solid and Liquid Phases in Iron-base Ternary Alloys”

Trans. ISIJ, 23 (1983) pp. 824-833



森田君は昭和 28 年 3 月大阪大学工学部冶金学科卒業、34 年 2 月同大学院工学研究科冶金学専攻博士課程修了後、関西大学工学部金属工学科講師、助教授を経て 41 年 10 月大阪大学工学部冶金学科助教授、42 年 6 月より 43 年 3 月まで東北大学金属材料研究所助教授併任、46 年 9 月英国ウェールズ大学（カーディフ校）冶金学科客員教授、48 年 10 月大阪大学工学部冶金工学科教授となり現在に至っている。

田中君は昭和 55 年大阪大学工学部冶金工学科卒業、57 年 3 月同大学院工学研究科冶金工学専攻前期（修士）課程修了後、同大学院後期（博士）課程に進学、現在に至っている。

本論文は、Fe-C-Ni 合金および Fe-C-V 合金の Ni, V および C の固相-液相間の平衡分配係数を、試料保持温度ならびに平衡時間に十分注意を払って測定したものである。分配係数は、固液 2 相状態にある試料を焼入れした固体試料を光学顕微鏡で観察し、固相と液相を判別した後、各相について EPMA 分析を行って求めている。

その測定結果より、合金中の炭素濃度が増加すると Ni の平衡分配係数は増加し V のそれは減少すること、C の平衡分配係数は Fe-C 2 元系合金のそれとほとんど変わらないこと、を明らかにした。

また、上記の実験結果より、①溶質元素の平衡分配を支配する基本的な因子は、溶質の溶解の自由エネルギーおよび固相-液相間の鉄と溶質の交換の自由エネルギー差であること、②鉄二元系合金では、溶質元素の分配平衡係数は、溶質の原子番号の変化と共に周期的に変化すること、③三元系合金では第 3 元素の平衡分配を支配する最も重要な因子は、C と第 3 元素間の相互作用であること、④C と第 3 元素間に反撥相互作用があれば、炭素量の増加と共に第 3 元素の平衡分配係数は増加し、吸引相互作用があれば減少すること、などを考察している。さ

らに、鉄基合金の固体-液体間の溶質元素の平衡分配係数を熱力学的に考察し、測定された分配係数の妥当性を検証したり、測定値のない分配係数を推定したりする方法を提唱し、この方法を用いて H および N の平衡分配係数を記述する簡単な式を導出している。また、この 2 つの分配係数におよぼす種々の元素の影響も予測している。

鋼の凝固時における偏析現象には、固相-液相間の平衡分配係数が非常に重要な役割を果たしているにもかかわらず、従来この分野の研究はあまり多くなく、あつても信頼性の低いものであつた。本研究はこの分野の空白を埋めるものであつて、鋼の凝固現象を解明する上で貴重な知見を与えるものとして高く評価されると共に、今後、さらに発展することが期待される。

依 論 文 賞

川崎製鉄(株)技術研究所水島研究部
第 4 研究室主任研究員

吉 田 博 君
〃 〃 第 5 研究部圧延研究室長
佐々木 徹 君
〃 水島研究部第 4 研究室主任研究員
近 藤 信 行 君
〃 第 4 兼分析物性研究部長
田 中 智 夫 君
〃 水島製鉄所条鋼圧延部中形課掛長
橋 本 隆 文 君

圧延 H 形鋼の残留応力解析

鉄と鋼, 69 (1983) 3, pp. 412-419



吉田君は昭和 46 年 3 月京都大学工学部金属加工学科修士課程卒業後ただちに川崎製鉄(株)入社、技術研究所勤務、52 年 10 月同所主任研究員となり現在に至っている。

佐々木君は昭和 35 年 3 月東京大学理学部化学科卒業後ただちに川崎製鉄(株)入社、技術研究所勤務、43 年 11 月同所主任研究員、56 年 4 月同所圧延研究室長となり現在に至っている。

近藤君は昭和 34 年 3 月兵庫県立小野工業高等学校金

属工学科卒業後ただちに川崎製鉄(株)入社、技術研究所勤務、昭和54年10月同主任研究員になり現在に至っている。

田中君は昭和29年3月東京大学工学部応用化学科卒業後ただちに川崎製鉄(株)入社、技術研究所勤務、51年6月同薄板研究室長、54年7月水島研究部長、58年10月第4研究部長兼分析物性研究部長となり現在に至る。

橋本君は昭和37年3月兵庫県立姫路工業高等学校機械科卒業後ただちに川崎製鉄(株)入社、阪神製造所勤務、42年3月鉄鋼短期大学卒業、56年4月水島製鉄所条鋼圧延部中形課掛長となり現在に至る。

本論文は、同一著者らの開発した「鋼材の相変態を考慮した温度、熱応力計算法」を圧延H形鋼の冷却過程での不均一温度分布によつて発生する残留応力の解析に応用し、残留応力を制御するための冷却条件について検討したものである。本研究は、日下部・三原：圧延H形鋼の残留応力発生機構の解析(鉄と鋼65(1979)9, pp. 1375~1382)の影響を強く受けてはいるが、鉄鋼操業の冷却過程における相変態の残留応力、冷却曲線に及ぼす影響を解析する手法を確立した意義は大きい。

変態計算では、等温変態曲線を利用し、任意の冷却曲線を階段状の温度・時間曲線で近似して、各時間増分毎の変態率を計算する方法をとつた。

この方法によつて、変態時の発熱と膨脹が冷却曲線及び残留応力分布に及ぼす影響がはじめて明らかにされ、熱間圧延仕上り温度、断面寸法及び変態開始・終了温度を変数とする残留応力の予測式が導かれて、残留応力を簡単に予測することができるようになった。

著者らは、更にこの方法を広幅薄物のホットストリップの仕上げ圧延機出側から巻き取り・冷却までの間の平坦度不良(耳波)の解析にも応用して、実操業上有益な指針を得ている。

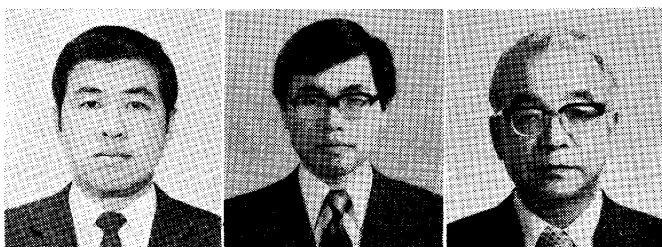
以上、著者らの開発した「冷却過程における相変態、温度及び熱応力を同時に計算する方法」は、各種熱間加工製品の残留応力、形状精度の予測に大いに寄与するものとして高く評価される。

俵論文賞

東北大学金属材料研究所助手
安彦兼次君
東北大学金属材料研究所助手
鈴木茂君
東北大学金属材料研究所教授
木村宏君

鉄の粒界に偏析したリンの化学結合状態

鉄と鋼, 69 (1983), pp 625~630



安彦君は昭和45年東北大学博士課程修了後東北大学金属材料研究所助手となり、50年から2年間アメリカ合衆国ペンシルヴェニア大学に留学し、帰国後同研究所で鉄鋼材料の研究に従事、今日に至っている。

鈴木君は昭和56年東北大学博士課程修了後東北大学金属材料研究所助手となり鉄合金の脆性に関する研究に従事し今日に至る。

木村君は昭和23年東京大学卒業後アメリカ合衆国ペンシルヴェニア大学に留学、昭和40年東北大学金属材料研究所教授となり、基礎鉄鋼部門を担当し現在に至っている。

本論文は鉄鋼材料の粒界脆性に関連したPの役割を明らかにする目的で、超高真空中で破断したFe-P系合金のX線光電子分光分析(XPS分析)およびオージェ電子分光分析(AES分析)を行い、粒界偏析したPの化学結合状態を究明したものである。その結果Fe粒界に偏析したPの化学結合状態は Fe_3P 結晶中のPの化学結合状態と同じ状態にあることを始めて実証したもので、粒界脆化機構の解明に対して重要な意義をもつ論文である。

Pの粒界偏析が鉄鋼材料の粒界脆化を促進することは低合金鋼の焼戻し脆性にその例をみるようによく知られた事実であり、この現象究明のため数多くの研究が行われて来た。その結果Pの偏析による粒界結合力低下の機構が論じられ、いくつかの試論が提案されて来たが、実験的な確証が十分でなく、その意味で推論の域を出なかつたといえよう。

従来原子の化学結合状態の解析にはXPSが有効な手段であることはよく知られているが、粒界偏析層のように数原子層程度の薄い層の解析には感度が低く、XPSによる偏析層の状態分析は行われていない。このような感度の低い場合には長時間の分析が必要であるが、真空度が低い場合には測定中の汚染の問題がある。このため本研究においては $4\sim 6 \times 10^{-11}$ Torrの真空中で破断した試料を 2×10^{-10} Torr以下の真空中で長時間注意深く測定することにより、偏析したPの化学結合状態を始めて明らかにしたものである。従来このような偏析層の分析にはより感度の高いAESが用いられて来たが結合状態としての知見は得られていない。本研究ではAESの感度の高い点を利用して、 $4\sim 8 \times 10^{-11}$ Torrの高真空下でオージェスペクトルの形の比較を行い、偏析したPによる形は Fe_3P と同一であるが、固溶状態のPとは必ずしも一致しないことを指摘している。

以上の如く本研究は偏析したPの化学結合状態を明らかにすることのみを目的としているが、その得られた結果は実験の緻密さや検討の慎重さと相まって十分に説得力のあるものとなつている。本研究によつて明らかにされた偏析したPの結合状態に関する知見は従来提唱されて来た試論の一つが妥当であることを示したものである。すなわち粒界に偏析したPは鉄原子と共有結合的な強い結合をもち、そのためその鉄原子とその隣の鉄原子との結合が弱くなり、破壊はこの弱い結合部で生ずるとする考えに有力な根拠を与えた。

本研究を契機として粒界脆化機構の研究は一段と進歩するものと考えられ、単にPの粒界脆化のみでなく、粒界破壊に対する不純物元素や合金元素の影響の解明に大きな指針を与えるものであり、また実験的確認を得る手段を提示したものとして高く評価される。