

## 委員会報告

高温変形部会の研究活動を  
終えて

田村 今 男\*

## 1. 高温変形部会誕生の背景と目的

鋼の熱間圧延は、古くより鑄造組織を崩壊させて組織を改善する目的と、板、棒、型鋼などに成形することの2つの目的のために行われてきた。しかし、過去においては成形に主力があり、力学的研究が熱間加工の研究の主流を占めていた。

1967年(昭和42年)頃から、ラインパイプ用素材を中心とした低合金高張力鋼の制御圧延による強靱化技術が我が国の各製鉄会社において研究実用化され、世界に誇るべき発展をとげた。これは鋼の合金元素の調整(マイクロ・アロイイング)と相まって、熱間圧延が組織の改善と性質の向上にきわめて有効であることを示したものである。そして、熱間圧延中及びその後における加工硬化、再結晶挙動及び相変態挙動に関する金属学的諸問題の基礎的研究の重要性を認識すると同時に、その研究の必要性にせまられていた。

また、ステンレス鋼、耐熱鋼、その他の高合金鋼などの難加工材の熱間加工性の向上も大きな問題の一つであり、さらにその頃(1970年代)より連続鑄造が大々的に採用されつつあったが、連鑄時の割れの発生の問題とも関連して高温変形能の研究の重要性がクローズ・アップされてきた。

さらに、石油ショック以来省エネルギー、生産工程の合理化が緊急の課題として登場し、鉄鋼生産工程における熱間圧延工程の占める割合がきわめて大きいにもかかわらず、過去においては製鋼工程に比して熱間圧延の画期的な進歩が少なかったため、連鑄直接圧延や低温圧延などの新技術の確立が急がれていた。さらに、連鑄、圧延、冷却(相変態)、巻き取りに至る全工程をコンピュータ制御して、最低のエネルギーで最も優れた鋼材を製造するプロセスの研究が重要研究の一つとなってきた。

以上のような熱間圧延に関連する諸問題の解決のためには、どうしてもその基礎となる熱間加工の金属学的研究の必要があつた。

その当時、熱間加工の金属学的研究はすでにかんがりの研究がなされており、基礎的にはカナダのJonasのグループ、イギリスのSellersのグループ、フランスのRossardのグループがあり、我が国では作井誠太先生を頂点とする中村正久(東工大)のグループ及び、酒井拓(電通大)のグループが着々と成果をあげていた。

このような時代の背景と要求に応じて、鉄鋼基礎共同

研究会では1977年(昭和52年)より高温変形部会を発足させて、熱間加工に関連する金属学的研究を精力的に行うことになった。そしてはからずも私が部会長を拝命することになったわけである。

## 2. 高温変形部会の運営

高温変形部会の委員は、大学関係13名(部会長を含む)、公立研究所1名、会社関係20名、計34名によつて構成され、そのうち16名で運営委員会を作つて部会の運営に当たると同時に、最終年度においては最終報告書の編集に当たつた。

本部会の主目的は研究活動にあるわけであるから、もちろん各委員はその所属する機関において、本部会の目的達成のために精力的に研究を押し進めていただくのは当然であるが、他方、熱間加工の金属学的考え方とその研究がいかに重要であるかということの啓蒙普及する必要性を感じた。そこで本部会では2種類の活動を行つた。研究活動と普及活動である。

## 3. 研究活動

本部会の研究活動としては初年度(昭52)は準備段階で、熱間変形の金属学的研究の現状把握と研究計画を作り、第2年目より研究活動に入り、3年間の研究活動の後、最終年度(昭56)は最終報告書作成に当たつた。この間(5年間)に19回の部会を開催した。

研究活動は熱間変形機構、組織と性質の改善、変形抵抗及び変形能の4つの柱(中心課題)を立てて、各委員はいずれかの柱に沿つて(複数可)精力的な研究を行つた。

熱間変形機構については、高温での変形による転位の運動、特に溶質原子との相互作用、高温加工硬化、動的回復及び動的再結晶機構などについて突込んだ解析が行われ、理論的に前進した成果をあげることができた。

組織及び性質の改善については、加工硬化、動的再結晶、静的再結晶挙動とそれともなう組織変化と性質の変化(微細化、混粒の発生と強靱性など)について研究が精力的に行われた。特に、加工誘起結晶粒粗大化現象や、動的及び静的再結晶に対する合金元素(微量添加元素)の作用、及び動的再結晶挙動と粒径について注目すべき研究が行われ、この方面で飛躍的な研究の進歩が認められた。

変形抵抗については過去においては主として力学的観点から研究されて来たが、ここでは金属組織学的観点から検討を加えた。すなわち鋼の化学組成、初期粒径、加工条件と変形抵抗の関係について研究し、鋼中炭素量の影響、同一鋼での $\alpha$ 、 $\gamma$ 、( $\alpha+\gamma$ )域における変形抵抗などについて新しい知見を得たばかりではなく、特に多パス圧延時における前段圧延と次の圧延の間での加工硬化の軟化程度の評価、及びその加工硬化の累積効果につ

\* 京都大学工学部教授 鉄鋼基礎共同研究会高温変形部会部会長 工博

いての研究に大きな成果を挙げた。また、マイクロ・アロイの作用、累積する変形抵抗のコンピュータによる予測及び多パス圧延のコンピュータ制御のための多くの基礎的知見を明らかにした。

高温変形能は言葉を変えれば高温延性と高温破壊の問題である。これは、その原因によつて粒内と粒界との相対的強さの兼ね合いによる高温延性の妨害と割れ発生、及び粒界微量偏析に原因する粒界脆化に分けられる。前者では粒界析出物や変形時の動的ひずみ時効などの延性及び割れ発生に対する作用と鋼の種類（組成、フェライト系、オーステナイト系、 $(\alpha+\gamma)$  二相系など）、結晶粒径、加工条件の影響が検討された。そして、種々なステンレス鋼、耐熱合金、高炭素鋼、大型鍛造材の変形能の改善について金属学的基礎に立脚して研究され、大きな成果を得た。特に微量添加元素の顕著な作用の究明は注目されることである。粒界偏析による粒界脆化に関しては種々な元素の粒界偏析、析出、溶融の作用について検討し、熱間加工割れとの関係を究明し、S, P などの偏析についても突込んだ研究が行われた。また、連铸ビレットの脆化特性に関する研究や熱間加工性の評価法についての研究も行われた。

#### 4. 普及活動

本部会は鋼の熱間加工時の金属学的挙動についての知識の普及と本部会の研究成果の発表を兼ねて、4回にわたるシンポジウムを開催した。

第1回は「鉄鋼の高温変形挙動一進歩総説」と題して昭和54年2月14日に開催し、この時点における高温変形の金属学的理解と解明の程度を明らかにして、一層の研究の重要性を訴えた。

第2回は「制御圧延技術の基礎とその展開」と題して昭和55年3月26日に開催し、制御圧延技術の金属学的基礎の理解と、その一層の発展の方向を探索した。

第3回は「高温変形と高温破壊」を主題として、高温変形機構、高温変形抵抗、高温延性と高温破壊について

論じ、最後の部分は粒界すべりと粒界偏析の2部分に分けて論陣を張つた。日時は昭和56年2月17日であつた。

第4回は「鋼の熱間加工の金属学」と題して昭和57年3月12日に本部会の最終の研究報告会を行つた。

以上4回のシンポジウムはすべて非常な好評を博し、各回とも200名を越す参加者があつた。第1回、第2回及び第3回はそれぞれの主題を表題とするテキストを発行し、第4回（最終会）では本部会の最終報告書をテキストとして用いた。これらのテキストは今なおきわめて好評で、残部僅少となつた。

#### 5. 今後の問題点

上述のように研究活動と普及活動の両面にわたつて大きな成果をあげて本部会は解散したわけであるが、残された重要問題も多い。たとえば、熱間加工中または直後の再結晶に対するマイクロ・アロイ元素の作用の解明である。NbC, TiC, TiN, AlN などの粒界釘付作用の量的評価とその機構の解明である。また、オーステナイトの加工中、加工直後あるいはその後の冷却途中でおこる析出、相変態の Kinetics の解明などである。

これらの問題をも合せて、解決しなければならない問題が山積している。そして、私はこの分野の研究は今後一層活発に研究してゆかなければならない必要性にせまられていると思つている。そして、本部会の活動がこの分野における研究と普及の出発点であつたような気がする。

#### 6. むすび

鉄鋼基礎共同研究会高温変形部会は5年間の活動期間を終えて本年2月に解散した。非常に短い期間であつたが、私の浅学非才、指導力不足にもかかわらず、委員各位の絶大なる御努力により大きな研究成果と知識の普及効果をあげることができた。委員各位にここで感謝いたします。そして、今後なお手を携えて、この分野の一層の発展に努力したいと思います。