

国際会議報告
 〰〰〰〰〰〰〰〰

第6回耐熱材料国際会議報告

藤 田 利 夫*・財 前 孝*²

この会議は 1981 年 9 月 15 日から 17 日までチェコスロバキアの Kostelec で行われ、チェコスロバキアを中心に約 120 名 (外国人約 35 名) が参加し、日本からは筆者 2 名が出席した。

この会議は 3～5 年に 1 回の割合でチェコスロバキア国内で行われてきたもので、その開催年、場所、論文数は次のごとくである。

回数	年号	場所	論文数		
			チェコ	外国	計
1	1959	Mariánské Lázně	11	13	24
2	1964	Praha	10	15	25
3	1967	Tatranshá Lamnica	32	32	64
4	1971	Boboty	12	17	29
5	1976	Vestin	21	36	57
6	1981	Kostelec	30	13	43

会議は 4 つの session に分けられ、パネル討論形式で行われた。

1. 原子力、火力および化学工業装置用フェライト系耐熱鋼 (12 論文)

2. 原子力、火力および化学工業装置用オーステナイト系耐熱鋼 (11 論文)

3. 耐熱鋼の長時間クリープ破断強さとその評価方法 (10 論文)

4. 火力発電所における材料の信頼性と使用条件の影響 (10 論文)

15 日の午前 10 時から Prof. I. J. Plukař の特別講演があり、その概要は次のごとくである。

耐熱鋼の発展は火力発電装置の開発と密接な関係があり、チェコの Vitkovice Steel and Engineering Works は 1880 年以前に蒸気ボイラの製造を開始し、現在までに各種のボイラを約 800 個製造した。他の会社でも 1200 個のボイラを作り、その蒸気発生量は 40 500 t/h を超えた。

ボイラは最初 C 鋼を用いたが、高温高圧化にともない Mo 鋼、Cr-Mo 鋼を採用した。Vitkovice は 1927 年、13 MPa、500°C の Löffler 型の高圧ボイラを製造し、第 2 次大戦前、ソ連から注文された最大のボイラは 150 t/h の蒸気を発生できるように設計されていた。

戦後蒸気発生量と蒸気温度、圧力は急速に増大し、1950 年頃には 17.8 MPa、540°C で蒸気発生量は 350～630 t/h になった。最近では 500 MW の発電所がで

き、蒸気発生量は 1600 t/h になっている。

チェコでは石炭の埋蔵量が減少しているため、将来原子力発電になると考えられ、Vitkovice でも原子力発電装置の研究が行われるなど、特にこの方面の研究が重要視されている。

次に第 1 session は 15 日午後 1 時 30 分から 5 時まで行われ、その論文の内容を要約すると次のごとくである。

フェライト系耐熱鋼は諸外国で最もよく研究されているが、過去 20 年火力発電用蒸気タービンの温度、圧力が上昇しなかつたため、新しい耐熱鋼の開発はほとんど行われなかつた。蒸気タービンの研究目標は極限の信頼性を保証し、できるだけ寿命をのばすことである。このために鋼の組織、使用中の材質変化、および耐久性、事故率、機械的性質などにおよぼす諸因子の影響について研究が行われてきた。

最初のグループの論文は、クリープ強さは転位や析出硬化によりいかに強化されるかを扱ったものである。また低合金鋼の denuded zone がクリープ強さにどのような影響をあたえるかも述べている。

もう 1 つのグループは原子力発電に関するもので、主として高速増殖炉用材料についてである。軽水炉材料に関するものはあまり報告されていないが、300°C 付近では、寿命や信頼度にあたる影響は、クリープより低サイクル疲労の方が大きい。

一方高 Cr 耐熱鋼は、ボイラ管としてあまり使用されていないが、将来石炭火力、原子力発電の際、重要な材料となるであろう。これらの鋼の δ フェライトの作用、各種炭化物と Laves 相の影響、クリープ強さにおよぼす冶金学的因子などについては、長い活発な研究によつても、まだその解答は得られていない。これらの分野においては、今後数年のうちに一層進歩し、さらに興味深い論文が出てくるだろう。

第 2 session は 16 日午前 9 時から 12 時まで行われ、その論文の内容を要約すると次のごとくである。

最初のグループの論文は Incoloy 800 について述べている。すなわちクリープ活性化パラメータを解析して、クリープ機構の主なるものは転位すべりであることを示している。また粒界破壊の研究を行いクリープ強さを向上させる方向にすすんでいる。

第 2 のグループの論文は耐熱鋼の実用的な問題を扱つ

* 東京大学工学部教授 工博

*² 新日本製鉄(株)製品技術研究所

ている。そのうちの1つは、316 ステンレス鋼に対して冷間加工がどのような影響があるかを述べている。加工後の熱処理によりクリープ強さを改善することはできないということが最も大きい結論であるが、工業的には曲げ曲率半径の許容値を決めるのに役立つている。

第3のグループの論文は316 ステンレス鋼のクリープ強さを高めることを目的とし、0.12~0.17%N を含む316 N ステンレス鋼は、石炭、原子力発電装置に適したクリープ強さとクリープ延性をもっていることを確認している。一方高速炉用材料としてクリープ強さ、組織安定性、熱疲労特性などのすぐれた特性を有するものを見出している。

もう一つのグループの論文は水蒸気改質装置の反応管の余寿命に関するものであり、これにはさらに広範な実験とクリープに関する数理的データ処理が必要である。また Cr24Ni24Nb 鋼を評価する新しいデータが提出されている。

最後のグループの論文は、高速炉用材料についての研究である。特に高温低サイクル疲労に集中しているが、どの論文もクリープと低サイクル疲労とを結びつけていない。

第3 session は16日午後1時30分から5時まで行われ、その論文の内容を要約すると次のごとくである。

この session の論文は耐熱鋼の長時間挙動を調べたものである。各種のパラメータを用いて長時間クリープ破断強さが外挿されているが、Larson-Miller, Orr-Sherby-Dorn, Manson-Haferd, White-LeMay, Goldhoff-Sherby 法などいずれの方法も、絶対温度の逆数と破断時間は直線関係であるという仮定にもとづいている。

直線性を利用することは非常に有利であり、数学的処理が比較的容易になる。しかし直線性を利用して求めた値は実測値とかなり異なるが、この直線関係を用いた論文は7つ提出されている。このような直線関係により導かれる結果がどのようなものであつても、許容値を超えてしまうと考える。

第4 session は17日の午前9時から12時まで行われ、その論文の内容を要約すると次のごとくである。

火力発電や化学工業装置に要求される特性は操業条件、装置の形式などにより決まる。設計者はこの段階で将来の使用条件、使用時における材料特性、各部品にかかる応力などを知る必要がある。

操業が長時間になると、事態はさらに複雑になり、設計段階では得られなかつた新しいデータが必要になる。すなわち装置の使用年数、経歴(温度、応力に関するもの)、装置の幾何学的変化、材質の劣化などのデータである。各種の要素と部品の中で最も劣化している部分の調

査を行わなければならない。材料劣化はクリープ、低サイクル疲労、腐食および腐食摩耗などによりひきおこされる。

もし劣化部分が主にクリープによるものならば、余寿命は次のような数種の方法によつて決定できる。

a) 変形測定(クリープ前の管径と比較する。)

b) クリープ強さの修正。実際の操業状況と使用年数を基礎にし、最近ではコンピュータで余寿命が計算できる。

c) 装置から試料を採取してクリープ試験を行う。クリープ強さの減少によつて余寿命を測定する。これは最初の材料のクリープ試験データが必要で、試料採取には十分注意する必要がある。

d) 組織変化(粗粒化、再結晶、転位など)を調査する。もしこれらの変化を使用中の材質劣化の程度と詳細に関連づけることができれば、非常に素晴らしいことであるが、両者の関係はまだ十分に関連づけられていない。

e) 破損後の調査を行う。将来同様の破損をおこすことを予想して破損の原因を調査しておけば、重大な被害、例えば過熱器管、熱交換器などの破裂などを招くことは避けられる。

これらのうち、実施できるものを併用するとよい。ただし低サイクル疲労がこれらの項目に混入してくることに注意しなければならない。低サイクル疲労はある種の装置、例えば蒸気タービンケーシング、翼車などでしばしば決定的な劣化をひきおこすことがある。

会議2日目の16日午後6時から夕食会がKostelecに近い静かな山荘で盛大に行われ、特に私共外国参加者は最大級の歓迎を受けたが、この会食からもチェコの耐熱材料に対する関心の高さをはかり知ることができた。その際チェコを始め欧州各国の参加者といろいろ話をした結果、全欧州のクリープ破断試験装置の数と我が国のそれとがほぼ同程度で、ここ20年に我が国のクリープ破断試験装置がいかに急速に整備されたかがわかつた。恐らく我が国の装置は全世界のほぼ1/3を占めるものと考え。筆者の1人藤田が開発した高精度のバネ式マルチプル破断試験機(1台で同時に100本の試験が可能)は、西独、チェコなどの研究所の人々に深い関心を引きいろいろと質問された。またソ連で高速増殖炉の炉内材料として検討されているフェライト系の14%Cr鋼については、仏、西独の原子力研究所の人々が盛んに質問を行つてた。

なごやかな夕食会は12時すぎまで続き、4年後の再会をたのしみにしながら山荘を引きあげた。