

報 告

第2回日本・チェコスロバキアシンポジウム

1. はじめに

日本チェコスロバキアジョイントシンポジウムは鉄鋼協会田畑専務理事とチェコスロバキアの Federal Ministry for the Development of Technology and Investigation の Mrázek 次官との間で誕生、1975年に田畑専務と松下幸雄教授らが最初にチェコスロバキアを訪問された。鉄鋼協会としては第1回のジョイントシンポジウムのつもりであつたが、先方の用意が不十分で、先方としては1977年東京で開催された日本とチェコのシンポジウムを第1回に数えている。

従つて第2回のシンポジウムは1979年6月5日から7日まで Dobra の鉄鋼研究所で行われた。これはこのシンポジウムを中心にした日本鉄鋼協会派遣団の報告である。

6月4日首都のプラハ空港には、先方の主催機関である前述の FMTIR, Federal Ministry of Metallurgy and Heavy Industry (FMHTS), Iron and Steel Industry General Management (GŘHŽ), Czech Metallurgical Committee of the Czechoslovak Scientific and technical Society からそれぞれ代表者、それに運営委員長の Prnka 教授をはじめ、第1回来日された Petrman 博士, Elfmark 博士, それに Ješina 氏と Pettik 氏が委員として大勢の出迎えをうけ、税関も入国手続きもフリーパスにはその歓迎振りに嬉しい驚きを感じた。

日本からの参加者が異なるルートでプラハに集まつたところで、直ちに鉄の町 Ostrava に飛んだ。ここは1828年始業した Vitkovice 製鉄所の所在地で、投宿した Hotel Atom も同製鉄会社のゲストハウスである。このホテルから毎日バスで Dolra の鉄鋼研究所までシンポジウムに往復した。

シンポジウム、それにつづく見学旅行についてはそれぞれ報告が書かれているので本文を見ていただくことにするが、チェコ側の“至れり尽せり”のもてなしと気の使い方には嬉しいだけでなく、将来どうやって日本側で応えられるか心配になつた程だつた。

おそらくすべての日本からの参加者は学校で世界地理で一応はならつたチェコに来て、“百聞は一見にしかず”，香り高い文化と歴史の町 Praha が Mother of town と呼ばれるゆえんを認識し、スメタナやドオボルザークの音楽を産み育てた美しい自然や背景をめでたものである。

日本人には東京オリンピックに華麗な体操と人柄で魅了したチャプラフスカヤと、哲学者のような顔をして走り数々の驚異的記録を出した長距離ランナーのザドベッ

クがチェコスロバキアを我々に非常に身近に感じさせたが、その後のプラハの春には深く心をいためられたものである。

チェコは東欧圏で最高の工業国であつたし、製鉄国としてもトーマス法公示直後の100年前にいち早く採用した歴史を持ち、現在置かれた立場で様々な努力がはられ、あるレベルが保たれている事実は門戸を開いて許された工場見学を通じて一同が受けた印象である。

優れた団員にめぐまれ、交流と友好の実が上がつたことは団員による本報告書が示している。

チェコスロバキア側のなみなみならぬ厚意に感謝し、田畑専務理事御夫妻はじめ、各社から有力な団員を送つて下さつて、この訪問の意義をより深くして下さつた日本側に心から御礼申し上げます。(団長 不破 祐)

2. 主催および出席者リスト

(主 催)

- 日本鉄鋼協会
- Federal Ministry for the Development of Technology and Investment (FMTIR), Prague
- Federal Ministry of Metallurgy and Heavy Engineering (FMHTS), Prague
- Iron and Steel Industry General Management, Prague
- Czech Metallurgical Committee of the Czechoslovak Scientific and Technical Society, Prague

(日 本)

団 長	不破 祐	新日本製鉄(株) 参与
	田畑新太郎	日本鉄鋼協会専務理事
	小野寺真作	㈱日本製鋼所営業本部理事
	大橋 延夫	川崎製鉄㈱技術研究所次長
	川原 正信	日本鋼管㈱技術研究所第三研究部強度研究室課長
	杉浦 三朗	大同特殊鋼㈱研究開発本部第11研究室室長
	竹村 右	新日本製鉄㈱研究開発本部技術開発部副部長
	牧野 武久	㈱神戸製鋼所中央研究所主任研究員
	吉川 州彦	住友金属工業㈱中央技術研究所主任研究員
	間野 純一	日本鉄鋼協会技術部部員
	下川 成海	” 編集課課長

(チェコスロバキア)

Ing. Bedřich Kasprík VP FM

Technical Deputy Manager

Ing. Jar. Vrtěl, DrSc. SVÚM
Scientific Worker

Ing. Václav Linhart, CSc. SVÚM
Scientific Worker

Ing. Jiří Ptáčník FMHTS Specialist

Ing. Josef Lébl FMTIR Chief Specialist

Ing. Sláva Vaněk FMTIR Head of Department

Ing. Jareoslav Kučera FMTIR Specialist

Ing. Karel Novák FMTIR Specialist

Ing. Jiří Malík FMHTS Specialist

Ing. Rostislav Kvarda FMHTS Group Leader

Ing. Josef Ješina GRHŽ Group Leader

Ing. Vladimír Hanák GRHŽ Technical Director

Ing. Karel Svoboda GRHŽ Group Leader

Ing. Josef Mráz GRHŽ Specialist

Ing. Stanislav Havel ÚJV Director

doc. Ing. J. Elfmark, DrSc. VŽKG
Scientific Worker

Ing. Slavoj Kuběna VŽKG Group Leader

Ing. Zdeněk Motloch VŽKG Scientific Worker

Ing. Vladimír Dědek, CSc. VŽKG
Scientific Worker

Ing. Václav Foldyna, CSc. VŽKG
Scientific Worker

Ing. Anna Jakobová VŽKG Research Worker

Ing. Josef Brábník VŽKG Chief Technologist

Ferdinand Milata, d.t. VŽKG Group Leader

Ing. Ivo Petrman, CSc. POLDI Group Leader

Ing. Ladislav Malý, CSc. POLDI Group Leader

Ing. Karel Protiva, CSc. POLDI Scientific Worker

Ing. Antonín Karas POLDI Research Worker

Ing. Bivoj Cukr POLDI Research Institute Direct

Ing. Jiří Bartoš POLDI Technical Deputy
Manager

Ing. Stanislav Lesák VTŽ Head of Department

Ing. Július Zeke, CSc. VÚZ Scientific Worker

Ing. Peter Bernasovský, CSc. VÚZ
Scientific Worker

Prof. Ing. K. Mazanec, DrSc. VŠB
Dean of the Faculty of Metallurgy

Ing. Václav Svoboda Sigma Research Worker

Ing. Boleslav Eremiáš, CSc. SVÚOM
Scientific Worker

Ing. Miloslav Kepka, CSc. Škoda
Scientific Worker

Ing. Miroslav Košťál VÚZES Specialist

Ing. František Čihák HP Technical Deputy
Manager

Ing. Ivan Kašík VÚHŽ Research Worker

Ing. Richard Říman, CSc. VÚHŽ
Head of Department

Ing. Tasilo Prnka, DrSc. VÚHŽ
Head of Division

Ing. Venanc Walder, CSc. VÚHŽ Scientific Worker

Ing. Jiří Stárek VÚHŽ Research Worker

Ing. Zdeněk Bembenek VÚHŽ Research Worker

Ing. Rudolf Gladiš VÚHŽ Research Worker

Ing. Milan Gottwald VÚHŽ Research Worker

Ing. Pavel Morcinek VÚHŽ Director

Mrs. Ing. Soňa Brotánková VÚHŽ
Head of Division

Ing. Karel Řeřicha VÚHŽ Technical Deputy
Manager

Prof. Ing. Jiří Skála, DrSc. ÚFM
Scientific Worker

Mrs. Ing. Marcela Zezulová VÚHŽ
Scientific Worker

Ing. Adolf Lesniak, CSc. VŽKG
Research Institute Director

Ing. Jan Počta GRHŽ Specialist

Ing. Miroslav Košař VÚHŽ Head of Department

Ing. Jan Wozniak, CSc. VÚHŽ Scientific Worker

Ing. Vladimír Smíd, CSc. VÚHŽ
Head of Department

Ing. Vlastimil Návrát VÚHŽ Group Leader

Ing. Josef Kučera, CSc. VÚHŽ Group Leader



写真 1 第2回シンポジウム会場前 (Iron and steel Research Institute) における不破団長と団員 (中央 J. Elfmark 氏)

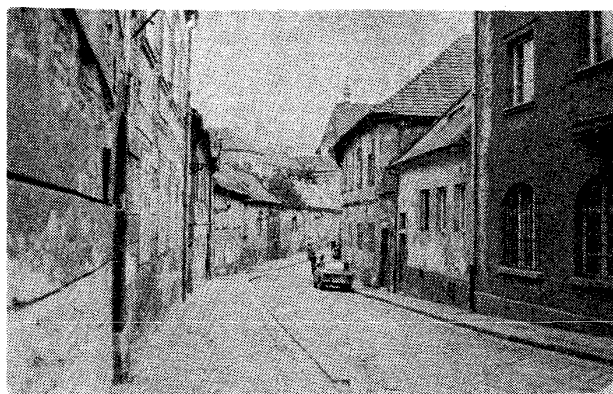


写真 2 チェコスロバキアの古い町並み

3. 日 程

- 1979 年 6 月 3 日 Ostrava, Hotel Atom 集合
 5 日 シンポジウム (Iron and Steel Research Institute, Dobrá)
 6 日 “ ”
 7 日 “ ”, Iron and Steel Research Institute 見学
 8 日 Vitkovice Steel works(Ostrava) 見学
 11 日 POLDI Steel Works(Klado) 見学
 12 日 Tube Rolling Mills and Iron Works(Chomutov) 見学
 14 日 Welding Research Institute (Bratislava) 見学
 15 日 解散

4. シンポジウムプログラム

5th June 1979-Tuesday

- 9.00 Welcome of the General Manager Mr. Morcinek-Iron and Steel Research Institute
 9.05 Speech of the Federal Ministry for the Development of Technology and Investment representative (deputy minister Dr. A. Mrázek)
 9.15 Speech of the Federal Ministry of Metallurgy and Heavy Engineering representative
 9.25 Speech of the Czechoslovak delegation leader (dipl. Ing. J. Březina-Iron and Steel Industry General Management)
 9.35 Speech of the Japanese delegation leader (prof. Dr. T. Fuwa)
 9.35—10.05 S. Tabata: “Strategy of Iron and Steel Industry on Energy Problems”
 10.05—10.35 V. Hanák et al.: “Development of the Nuclear Engineering Metallurgical Base in Czechoslovakia up to 1990”
 10.35—11.00 Intermission

- 11.00—11.30 S. Onodera: “Development of the Nuclear Engineering Metallurgical Base in Japan up to 1990”
 11.30—12.15 Discussion to the opening accounts
 12.30—14.00 Lunch
 14.00—14.30 Z. Motloch: “Vacuum Treatment Improves Steelmaking Quality and Economics”
 14.30—14.45 Discussion
 14.45—15.15 K. Narita, T. Makino: “Decarburization Liquid Stainless Steel by Ar-O₂ Bottom Injection Through Porous Brick”
 15.15—15.30 Discussion
 15.30—16.00 Intermission
 16.00—16.30 I. Kašik, I. Petrman: “Some Problems Connected with Electroslog Remelting of AISI 321 Type Steel Used for Nuclear Power Station Components”
 16.30—16.45 Discussion
 16.45—17.15 K. Hasegawa, M. Ito, S. Sugiura: “On Melting Ultra-Low Sulfur and Oxygen Steels by Plasma Induction Furnace”
 17.15—17.30 Discussion

6th June 1979-Wednesday

- 9.00—9.30 K. Suzuki: “Manufacturing Technology of Heavy Sectioned Steel Forgings for Nuclear Steam Supply System and its Advantages in Service”
 9.30—9.45 Discussion
 9.45—10.15 J. Elfmark, J. Slach, V. Svoboda, J. Merta: “Properties of Tube Bends for Primary Circuit Piping of Light-Water Nuclear Power Stations”
 10.15—10.30 Discussion
 10.30—11.00 Intermission
 11.00—11.30 S. Yamaguchi, H. Kobayashi, T. Hirai, S. Aoki, S. Takemura: “Production and Properties of Stainless Welding Strip”
 11.30—11.45 Discussion
 11.45—12.15 V. Dždek: “Hot Formability of Two-Phase 25%Cr, 13%Ni Austenitic Stainless Steel Welding Strips”
 12.15—12.30 Discussion
 12.30—14.00 Lunch
 14.00—14.30 J. Stárek, B. Staněk, Z. Bembenek: “Internally Ribbed Tubes for Advanced “Sodium-Water” Steam Generators”
 14.30—14.45 Discussion
 14.45—15.15 I. Hrivňák, E. Malinovská: “Weldability of Steels for Components of Voronezh Type Reactor”
 15.15—15.30 Discussion
 15.30—16.00 N. Ohashi, M. Tanaka, T. Enami, H. Ooi, T. Sekine: “Mechanical and Fracture Properties of Heavy Section LWR Pressure Vessel Steel

	Plate Produced by LD-Converter and Ladle Refining Process"
16.00—16.15	Discussion
16.15—16.45	Intermission
16.45—17.15	K. Mazanec, L. Hyspecka, M. Tvrđý: "Evaluation of Mechanical Metallurgy Characteristics of Pressure-Vessel Steels"
17.15—17.30	Discussion
17.30—18.00	M. Kawahara: "Safety Evaluation Against Fatigue of Steels for Nuclear Pressure Vessels"
18.00—18.15	Discussion
7th June 1979—Thursday	
9.00—9.30	P. Morcinek et al.: "Further Development of Steels for the Steam Generators of Fast Breeder Reactors"
9.30—9.45	Discussion
9.45—10.15	T. Yukitoshi, K. Yoshikawa, K. Tokimasa, T. Kudo, Y. Shida, Y. Inaba: "9Cr—2Mo Steel for FBR Steam Generators"
10.15—10.30	Discussion
10.30—11.00	Intermission
11.00—11.30	K. Protiva, A. Karas, R. Říman: "The Structural Changes of Alloy Incolloy 800 after Long Exposures to Elevated Temperatures"
11.30—11.45	Discussion
11.45—12.30	Final speech

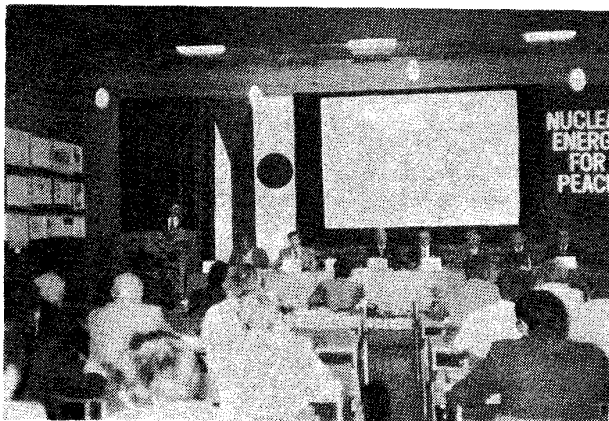


写真3 シンポジウム開会式における不破団長（座席左より2目 V. Hanák 団長，右端 T. Prnka 運営委員長）

5. 講演概要と討論

Strategy of Iron and Steel Industry on Energy Problems

S. Tabata

ここではまず，日本および日本鉄鋼業におけるエネルギー供給，消費の事情を述べた。日本のエネルギー供給に関しては，その1次エネルギーの約90%を輸入に頼り，更にその70%以上は石油が占めている。またその石油の約3/4は中近東からの輸入であり，我が国のエネルギー供給地盤が極めて脆弱であることを示した。またその打開

策として原子力エネルギー開発を進めていること，そして現在の原子力開発予算は政府エネルギー研究開発総予算の66.2%も占め，原子力エネルギーに多大の期待をかけていることを示した。

また鉄鋼業においても新エネルギー源として原子力エネルギーの利用を目指していること，一方原子力産業は鉄鋼業を基礎として相互の発展を目指していることを述べた。

(討論)

Q：日本におけるFBRの問題（材料）はどのような状況か。（By Mr. Petrman）

A：まったく新しい経験なので，従来とは異なる多くの問題がある。しかし今の所は順調に進んでおり，国際的な協力もしている。個々のデータも出ているが非常に慎重に検討して，“常陽”から“もんじゅ”に進めている。

Development of the Nuclear Engineering Metallurgical Base in Czechoslovakia up to 1990

VI. Hanak et al.

次の10年間，またその後のために，チェコスロバキアは大型原子力発電の迅速な開発に力を注いでいる。

1974年来，INTER ATOMENERROの一員として，ソ連型のPWR(VVER型)を導入し，所要の高級鋼材の開発に努めている。

1) チューブ材：燃料，一次系，その他と用途は分かれるが，原子力用では，寸法精度，表面仕上げ，結晶粒度と組織，耐食性，350°Cの降伏点など，高度の品質が要求され，これにChomutov工場が応えている。素材はPOLDI社の優れた製鋼技術に依存する。

2) 鋼板と鍛鋼：Vitkovice Steel & Eng'g Worksは原子力発電機器の製造に当てられている。3.5mの4段鋼板ミル，4000，6000，12,000tの鍛造プレス，320m×75mの圧力容器工場がある。

3) 次の原子炉：1000MWeのNovovoronyezh型とする。

(討論)

Q：(1) チェコスロバキアのNuclear Codeはどのようなつているか。

(2) チェコスロバキアの原子力発電所はどのような計画か。

(3) FBRなどの計画はどうか。

A：(1) 現在Nuclear Codeはなく，準備中である。現在はソ連のものを使っている。名称は

Rules for Construction and Development of Nuclear Power Stations また材料については，同じくソ連のもので

Standards for Calculation of Nuclear Power Stations

を使用している。

(2) LWR/PWRで，VVER型，440MWe

である。1基目は去年完成し、1979年6月に稼動を始める。1985年まではこの型式のものでやり、その後は1000 MWe のものもやる。

(3) 最初は GCR/150 MWe, CO₂ 冷却型をやったが、1973年から VVER のみである。Vitrkovic, Škoda, Sigma が fabricator である。材料は GOST のもので、論文集の p. 200, Table 1 の No. 3 15 Ch 2MFA (Ni 1% までを加える) である。

(3) Mr. Walder FBR は国の policy として力を集中している。輸出もしたいが、selected few components, 例えば SG に限られる。

(3) Dr. Havel FBR は 1,600 MWe 機を、1990~95 に完成したいと考えている。

Development of the Nuclear Engineering Metallurgical Base in Japan up to 1990

S. Onodera

日本の原子力発電は過去 20 年間着実に発展して、1978 年末には 12 670 MWe に達し、重要なエネルギー供給源となつている。1990 年には LWR を中心に 60 000 MWe となろう。この外 FBR と核融合炉の開発も進んでいる。以下これらの原子炉の主要鋼材の開発を概説する。

1) LWR 用鋼材：安全性、経済性、ISI の容易さのための大型、一体型材料の開発。500 t 鋼塊製の 535 mm 厚フランジの材力均一性。VCD の適用。SCC 対策の研究。

2) FBR 用鋼材：超大型ステンレス鋼 (304 および 316 型) の開発。21/4Cr-1Mo 鋼管の開発の進展。

3) 核融合炉用鋼材：1981 年に完成予定の JT-60 装置用の Mn-Cr-V-N₂ オーステナイト鋼の開発。

4) 大型タービン発電用鋼材：3 000 mm 径、300 t 級 LP 軸材、Q & T 型の 2 1/4Cr-1Mo および Ni 添加 13 Cr 鋳鋼の例示。

(討 論)

Q : (1) FBR 用の鋼材での Co 量の限度はどうか

(2) 超大型鋼塊の製造に何らかの再溶解法を期待するか。

(3) SUS 304 型ステンレス鋼の 420°C の 0.2 % proof stress 値に何か問題はないか。

A : (1) とくにないが、INCO source (ソ連、フィンランド産も同様) のような低 Co のものを使う。日本の Ni source は南太平洋諸島が主体であるが、このものは Co 量が多い。

(2) 今のところ考えない。

(3) 問題なく、しかるべき化学成分と製造法を確立している。

Q : (1) 貴論文, p. 41, Table 3 で delta ferrite <0.5% となつているが、われわれの AISI 321 (08 Ch18N10V) では 1—5% (2—4% がよし) を採りた

い。貴意はどうか。

(2) p. 43, Fig. 2 に長い引張試験片の例がある。この試験片は必ず偏析部で切れるか。

A : (1) <5.0% の mis writing.

(2) 偏析部の影響を見るのも、試験の目的の一つであるが、これらのフランジでは全くその例がない。

Q : KWO の RPV リング材のための 500 t までの鋼塊 (日本製鋼所製) はチェコスロバキアではよく知られている。この在来造塊法に加えて、何か新しい方法、例えば SAW 溶接でリングの形状を作り、鍛造を加えないなどの方法はどうか。日本製鋼はこの方法を考えているか。

A : 貴方の示した方法はよく知つているが、これを適用する考えはない。一つの問題点は鋳造あるいは溶接組織と鋳造材の差であつて、RPV の場合には十分な塑性加工を加えた部材を使いたい。

Q : VAR, VOD, AOD のどれがよいか

A : 材質的には VOD, VAR だが、製造量との関係では AOD が有力。製造のパターンに大いに関係する。
Vacuum Treatment Improves Steel Making Quality and Economics

Z. Motloch

この論文は品質要求の厳しい原子力用材料を製造するための 50 t 平炉および電気炉と DH, 真空鋳造, VOD の合理的な組み合わせプロセスについて述べている。

1) Duplex vacuum treatment of austenitic stainless steel.

このプロセスは OH-DH-AF-DH の組み合わせから成つており、この方法によれば、低炭素 (0.02~0.04 %), 低酸素 (~23 ppm), 低硫 (~0.007 %), 低磷 (~0.015 %) 鋼が得られるばかりでなく厳しい δ -Ferrite コントロールが可能であるとしている。

2) Production of heavy forging ingots by the DUVAVIT Process.

このプロセスは 1972 年以来 VITKOVICE で採用されているもので、AForOH-DH-真空鋳造の組み合わせにより、45~135 t の大型鍛造用鋼塊を製造するプロセスである。このプロセスには DH 処理前に Al 脱酸する方法と Al, Si 脱酸する方法と Al, Si 脱酸せず CO 脱酸のみによる方法とがあり、後者の方法によればインゴットでの逆 V 偏析が著しく軽減されるとしている。

Decarburization of Liquid Stainless Steel by Ar-O₂ Bottom Injection through Porous Brick

K. Narita, O.T. Makino

ステンレス鋼の脱炭精錬のひとつの試みとして、減圧雰囲気下においてポーラスプラグを通して Ar-O₂ の吹き込み試験をおこなつた結果が報告された。まず 80 kg 真空誘導溶解炉により低炭素域での脱炭挙動を調査した結果、脱炭速度は 1 次式で表され、脱炭酸素効率率は雰囲気

気圧力が低いほど、Ar-O₂ 中の O₂ 分圧が低いほど、また溶解温度が高いほど大きくなった。また O₂ 分圧が 0.5 以下であればポーラスプラグはかなりの耐食性を示した。基礎実験の結果にもとづき、この方法を 15 t 電弧炉精錬後の仕上げ脱炭に適用するため、取鍋底部に 4 個のアルミナ質ポーラスプラグ (Al₂O₃: 93.5%) を取りつけ、Ar-O₂ (混合比 1/1, 最大流量 4.0 Nm³/min) を吹き込んだ結果、15 min の処理により CO.20→<0.02% の脱炭精錬が可能となり、脱炭酸素効率および Cr 歩留りはそれぞれ 80%, および 98% 以上であった。この方法はポーラスプラグの通気量に限界があるので大きな脱炭量を得ることが困難であるが、取鍋を利用した簡便な仕上脱炭プロセスとして有用であることが示唆された。

(討 論)

Q: 当工場の VOD における脱炭後の Cr/C の値として 700~3000 が得られており、平衡 CO 分圧は 1600~1700°C において 15~50 Torr である。本論文 Fig. 8 に示された値より高くなっている。

A: Cr/C の値は吹止 C や雰囲気気圧力の違いによつてかなりのばらつきがあり、一律に比較することが困難であるが、コメントされた値は十分評価できる。

Q: 酸素吹き込み位置 (すなわち取鍋底部) における溶鋼静圧が酸素効率および最終 C 量に影響を与えなかったか?

A: 酸素効率におよぼす溶解静圧の影響は調査していないが、15 t 規模の方が小規模実験に比較して酸素効率ははるかに大きい。したがって同一雰囲気気圧力の場合、溶鋼中を浮上する距離の大きさによつて酸素効率は著しく影響を受けると考えられる。

Q: 15 t 規模で実験する場合、取鍋のフリーボードはどの程度必要であったか?

A: 実験には高さ 2 m の取鍋を使用し、フリーボードとして 1 m とつた。

Q: Ar-O₂ 吹き込み時間のコントロール法は?

A: 本実験では吹き込み時間のコントロールはしなかった。吹き込み時間はポーラスプラグの極度の侵食を避けるため最大 15 min に設定し、初期 C 量に応じて送炭速度を調節した。

Q: 脱炭素精錬後にスラグの還元あるいは真空処理をおこなったか?

A: 脱炭精錬後に 3~5 min の真空処理をおこなったが、生成スラグが固いのでスラグ還元はできなかった。しかし本実験では Cr の酸化量が少なかったため、スラグ還元はとくに大きな問題とはならなかった。

Q: VOD と対比した場合の本プロセスのメリットはどこにあるか?

A: 酸素効率が大きいこと、Cr の酸化が少ないことがあげられる。したがって脱炭精錬後のスラグを還元す

るために必要な FeSi の量が減少する。

Q: 本論文の結論としてポーラスレンガが改善されれば、本プロセスはさらに有用になるとしているが、ポーラスレンガの性状として何が要求されるか? またそれをどのような方法で製造するのか?

A: ポーラスレンガには十分な通気率と耐食性が要求される。そのためには材質、粒度分布および結合剤の選択が重要となる。またポーラスレンガ内の通気率が均一であることが重要であり、通気率の不均一は局部的な侵食を招く原因となる。

Some Problems Connected with Electroslag Remelting of AISI 321 Type Steel Used for Nuclear Power Station Components.

○I. Kašík, I. Petrman

AISI 321 鋼の ESR (1.5 t) に際し、Ti, Al の歩留りの容定化と铸塊内部の均一性を確保するため、電極中の Al を 0.004~0.395%, Ti を 0.18~0.69% の範囲で変え、スラグ組成、雰囲気調整および Al, TiO₂ のスラグ中への添加などの影響を調査し、最適 ESR 条件を検討した結果が報告された。雰囲気を Ar シールしたが効果が認められず、スラグを Al で脱酸することが Ti, Al の歩留り安定化に必要なものである。また Ti の歩留りを上げるためには CaF₂-CaO-Al₂O₃-TiO₂ 系フラックスが有効であり、同時に Al によるスラグの脱酸が不可欠である。いづれ Al の歩留りは電極中の Al 量が高いほど低下するが、スラグ中への Al 添加により歩留りが向上する。また铸塊内部の Ti, Al の分布を均一にするためには、Al, TiO₂ を少量ずつ連続添加することが必要である。TiO₂ を間欠的に投入すると、投入直後に電極中の Ti は一時的に減少し、以後しだいに増加していく傾向が認められた。最後に Ti, Al 量と機械的性質との関係を調査した結果が報告された。

(討 論)

Q: Ar シールをおこなった場合とそうでない場合とで Al, Ti の酸化ロスに差異があつたか?

A: Ar シールの有無の影響はなかつた。ただし雰囲気中の O₂ は Ar シールによつて 1/10 以下に減少している。

Q: 溶解速度と Al, Ti の酸化ロスとの関係はあるか?

A: Al, Ti の歩留りは溶解速度によつて影響を受ける。溶解速度すなわちスラグ温度によつてスラグ中へ投入する Al, TiO₂ 量を計算し、歩留りがつねに一定となるようにコントロールしている。

Q: ESR 時の Ti ロスと電極中の Ti 量およびスラグ中の SiO₂ 量との相関はなかつたか?

A: Ti ロスと電極中の Ti 量との間にはほとんど関係は認められなかつた。スラグ中に 5% 程度の TiO₂ が含有され、しかも Al で脱酸されていれば Ti ロスは

ほとんどない。

Q: ESR 時にスラグ中に Al, TiO_2 を連続添加した場合、鋳塊中の Al は一定値を示すが、添加された Al が酸化される原因は何か? また TiO_2 を間けつ的に添加した場合、一時的に Ti が減少するのはなぜか?

A: Ar シートをおこなった場合でも大気酸化 (例えば電極表面の酸化によるスケールの生成) があるので、これが Al の酸化の原因であると考えている。また TiO_2 を間けつ的に添加した場合、一時的に Ti が減少する理由については明確な解答が得られなかった。なお Al, Ti の挙動については後刻、Bratislava の溶接研究所を訪門した際、Mr. J. Zeke より、スラグ中への酸素の供給があることを前提にしたイオン論的な解釈の説明があった。

Q: N は 350°C における $\sigma_{0.2}$ を上昇させず、表 5 によれば相関係数がマイナスという結果が示されている。溶解速度に応じて析出物の大きさの分布などはどのように変化したか?

A: 組織上の調査研究はおこなっていない。非金属含有物は増加するが、これらは機械的性質に影響しないと考えている。

On Melting Ultra-Low Sulfur and Oxygen Steels by Plasma Induction Furnace

K. Hasegawa, M. Ito, O. S. Sugiura

最大電流 2000 A の直流プラズマアークと 200 kw の誘導加熱を備えた 500 kg のプラズマ誘導炉を使つて、 $[\%S] \leq 0.0010$, $[\%O] \leq 0.0010$ の鋼及び合金を溶解精錬する方法について研究した。その結果、脱硫を促進させるためには、耐火物の浸食によつて増加する精錬スラグ ($\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ 系) 中の MgO をできるだけ低く抑えること、また脱酸のためには精錬スラグ中の SiO_2 含有量を低くすることが重要であり ($[\%SiO_2] \leq 10$) に維持することにより、 $[\%O] \leq 0.0010$ を達成することができる。

原子力関係によく使用される材料である 75Ni-15Cr を研究された方法により精錬し、 $[S]$ を 10 ppm 以下にしたところ熱間加工性が著しく改善されることが分かった。

(討 論)

Q: 含 Ti ステンレス鋼を鋳造する時、スムーズなインゴット表面を得るためにどんな対策を採っているか?

A: 酸化膜防止剤 (独製) は使用しているが、無酸化鋳造などはしていない。

Manufacturing Technology of Heavy Sectioned Steel Forgings for Nuclear Steam Supply System and Its Advantages in Service

K. Suzuki (代講 S. Onodera)

優れた国際的努力によつて、原子炉圧力容器の強さは向上したが、その多くは使用材料の改良に帰せられる。

すなわち、より一体型、大型、高品質の鍛鋼の使用によつて溶接線は最小限となり、ISI も容易となつた。これらの多くは過去数年間日本で達成された。二つに区分して述べる。

1) 一体型ベッセルフランジ: KWU および COCK-ERILL 向けの PWRPV フランジについて、(1) これを使用する時の利点 (2) 材質、造塊 (400 または 500 t 鋼塊) から NDE までの製法、(3) 機械的性質とその均一性。

2) 一次系用各種鍛鋼と成型鋼材: 次のような例、

(1) SG 用のユニカルシェル鍛鋼、(2) 鍛造ポンプケーシングとバルブボディ、(3) ECCS タンク用一体ヘッド、(4) ペネトレーション、(5) ノズル付のパイプ、曲げパイプ。

(討 論)

Q: 400, 500 t 塊からの大型鍛鋼で、小さな鋼塊からの鍛造品とその諸性質を比較できるか。

A: 開発に当たつては 20 t 鋼塊数本によつて調質の mass effect を調べている。実物では nozzle cut out から試片をとつて、十分な確性試験を行つている。

Q: 焼もどし脆性感度を最小にするための手段としては、何をやっているか (微量元素の制限など)。何か特別の焼もどしサイクルがあるか。

A: (1) nuclear, rotor 材, chemical vessel などでは、trace element の制限と焼入れの mass effect を考えるような化学成分とする。

(2) 化学用圧力容器 (Cr-Mo 鋼) では焼もどし温度と最終の PWHT との組み合わせを考える。

(3) ローター材では Q & T のサイクルに特別の考慮をする。

Q: (1) multi-pouring 法の詳細を知りたい。(400 500 t 鋼塊の場合)

(2) 400~500 t 鋼塊を年間何本製造するか。

(3) 連続 ESR 法で厚肉容器を作ることににつき、貴意いかん。

A: (1) 時間がかかるので、別室で説明したい。

(6月6日午後、ロビイで、Mr. Kasik, Mr. Petrmam らに説明。)

(2) 40 本可能。最大実験は 30 本。

(3) 昨日の Dr. Zlatnik の質問と同じと思うが、われわれはやらない。理由は、溶接との関係で、十分な塑性加工を素材に与えたいからである。

Q: base material の品質は溶接材料のそれと比較すべきで、この差は大型鍛鋼と小型鍛鋼の差の比ではない。日本の諸氏はどう考えるか。

A: 言われるとおりである。日本では、神戸製鋼、住友金属はじめよい溶接材料メーカーがあり、これが日本の溶接用鋼材の支えともなっている。

Properties of Tube Bends for Primary Circuit Piping of Light-Water Nuclear Power Stations

○J. Elfmark, J. Slach, V. Svoboda, J. Merta

LWR プラントでは一次系のパイプ、特に曲管部が重要である。本報告では、TiC 分散強化型オーステナイト系 Ni-Cr 鋼 (Cr-Ni 18/12Ti) の内径 500 mm のパイプを 2500 mmR に曲げた後、安定化、溶体化などの熱処理を行い、強度、疲労特性および金属組織の観点からその材料特性を調査した。

1) 実験の範囲内では曲げ加工温度 (1030~1050°C) の結晶粒微細化への寄与は小さい。

2) TiC の加工誘起析出が行われており、加工度の大きな部分では $\sigma_{0.2}$ が 15 Nmm² 上昇したが、加工度の小さな中立軸近傍では逆に 10~20 Nmm² 低下した。

3) 曲げ加工後の安定化、溶体化などの熱処理は、 $\sigma_{0.2}$ を低下させ疲労破壊を促進する。

結局、曲管は、曲げ加工後の熱処理を行うことなく一次循環系に組み込むべきだと述べている。

(討 論)

Q: 本研究では、 $\sigma_{0.2}$ が高いほど疲労き裂進展速度が抑えられている。ところで加工誘起により析出する TiC は網状で不均一とのことだが、微細析出物の均一分散をねらっているつもりか。

A: 御説の通り、均一分散化を目的としているが、うまくいっていないのが現状だ。

Q: この論文では 5RD の曲げだが、もつと曲率半径の小さな、1 RD, 1.5 RD が重要でまた変形度も大きい。それらについてはどうか。

(コメントとして)

溶接線を減少して、ISI を改善することについては、1.100 MWe BWR で 50% まで減少の例がある。その一部は、No. 8 鈴木論文でも示した。なお、IAEA, Madrid 会議、1979 年3月の日立製作所と日本製鋼の共著論文も供覧した。

A: それらは Vitkovice で行っている。Bi-Metal, クラッドもやっている。

Production and Properties of Stainless Welding Strip

S. Yamaguchi, H. Kobayashi,
T. Hirai, S. Aoki, and

○S. Takemura

δ -Fe を 10~15% を含む 22Cr-11Ni-1Nb の製造技術とオーバーレイ溶接後の性能の研究結果について報告した。製造技術中熱間圧延、就中分塊圧延およびホットストリップ圧延の条件の設定が、貧弱な熱間加工性の故に最も難しい。鑄造状態の熱間加工性は硫化物、燐化物を高融点ができる Y 又は Ce と Al の同時添加で著しく改善できる。冷間圧延後の最終焼なましでは、炉内の温度と張力の制御が良好な製品形状を得る上で重要で

ある。

これらの知見をもとに、8 t 鋼塊を用いて 1 M 幅の 0.4 mm 厚の広幅ストリップの製品を製造した。そのストリップ電極を用い所定のオーバーレイ金属を得、曲げ試験、粒界腐食試験などをおこない、要求特性を満足することを確認した。

(討 論)

Q: 熱間加工性を評価するのになぜ 1050°C をえらんだのか。

A: 今説明したように 1250°C に加熱、冷却途中で引張試験すると、加工性の悪いものは 1050°C において RA 値が最小値を示す。したがって、この最小値を用いて評価した。

Q: 1050°C での評価結果は他の加工温度でも成り立つのか。

A: 上に述べたように、1050°C での値は最小値であり、これ以外の温度ではもつと高い値を示す。熱間加工中に鋼がこの温度を通過する時に最も脆化し、割れの発生する可能性のあることを示している。したがってこの温度で RA が小さくなることを防止すれば、熱間加工が容易になることを示している。

Q: 0.5% の Al を添加すれば、フェライト量はどうか変化するか。

A: この成分系では目立つた影響はなく、フェライト量は 10~25% の実験の範囲内であつた。

Q: スラブの 2 ヒートにはどんな炉を用いたか。又ホットストリップミルのロール径は、

A: 通常の均熱炉を用いた。ストリップミルのロール径は粒スタンドで 927 mm ϕ 仕上げスタンドで 715 mm ϕ である。

Q: ホットストリップミルの型式と仕上げスタンド入口温度をそれぞれ知りたい。

A: 半連続式、1000°C

Q: SPEED 法というエッチング法についてもつと詳しく知りたい。

A: SPEED は Selective Potentiostatic Etching by Electrolytic Disolution のことであり、別途参考文献などを送付する。

Hot Formability of Two Phase 25% Cr, 13% Ni Austenitic Stainless Steel for Welding Strips

○Vladimir Dědek

通常の原子力発電所の一次循環系に使用されるステンレスライニングは耐食性のために Cr を、割れ防止のために 2~10% のフェライトを含ませねばならない。

そのために Cr は高く 24~25Cr, 13~14%Ni, 0.10% 以下 C という成分になる。この成分の熱間加工性は、Cr が再結晶をおくらせ、2 相にしかつフェライトがオーステナイト粒界に存在するために、悪い。また、 σ 相が生成するので加工温度を低くできないし、低温での時

間も制約を受ける。

伸び, RA, ねじり数, などは 1250°C で最高値になり, $900\sim 600^{\circ}\text{C}$ の範囲では, σ 相が生成し, 未溶解の炭化物は加工性を劣化させるので, 最適の加工温度範囲は $1250\sim 950^{\circ}\text{C}$ である。熱間加工性は, 高フェライト量, ネットワーク状分布, および加工中の引張応力で低下する。

(討 論)

Q: Fig. 1 に示されている特性値(例えばねじり回数)が同一試験条件下で大きく変動しているが, その原因はなにか。

A: フェライトの量と分布のちがいによるものとおもう。まだその他の因子も関係しているかも知れない。

Q: 熱間圧延後のホットコイルを処理する際に, σ 脆化によるトラブルは実際に経験しているのか。

A: 特に問題にはなっていない。

Internally Ribbed Tubes for Advanced "Sodium-Water" Steam Generators

J. Stárek, B. Staněk, O. Z. Bembenek

高速増殖炉蒸気発生器管の破損は, Na-水反応のためプラント全体に重大な結果を与える。この蒸気発生器管において問題になるのは, 管の寿命に悪影響を与える二次的 CHF (critical heat flux) である。この二次的 CHF を小さくするには内面リブ付管により蒸発部の熱伝達を促進することが有効で, ヘリカル・リブの場合最大 50% まで熱伝達が増加する。

この内面リブ付管製造技術は, 小径管については開発されていなかったため, $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 鋼など 6 材料について 18 mm O. D. $\times$ 3 mm t, リブ高さ 0.5 および 1 mm の管を試作し, 製造技術を開発した。製造可能寸法は外径 18~40 mm, 肉厚 1.5~4.0 mm, リブ高さ最大 1.0 mm, リブ・リード最小 200 mm, 管長さ 4~12 m である。

また, 蒸気発生器管においては二重管を採用することにより Na のリークを検知し, Na-水反応の確率を顕著に下げることができるので, 多種の形状の二重管を試作し, 現在のプラントで, コスト上昇もなく, 40 mm O. D. までの管が製造可能であることがわかった。これらの管の採用により高速増殖炉の安全性向上, 稼働率の向上が期待できる。

(討 論)

Q: 内面リブ付管の製造工程

A: 溝付フローティング・プラグを使用した抽伸により製造。(抽伸速度は 0.4 m/s, ヘリカルリブの場合は 0.1~0.2 m/s である。)

Q: 二重管のギャップコントロールおよび最終熱処理条件は?

A: ギャップについてはコントロールしていない。最終熱処理は $680\sim 720^{\circ}\text{C}$ A. C.

Q: 内面リブ付管, 二重管の非破壊検査法について。

A: 内面リブ付管および溝付管は超音波探傷法(浸漬)により肉厚のベース部の探傷を行った。内面は渦流探傷法により行った。

Mechanical and Fracture Properties of Heavy Section LWR Pressure Vessel Steel Plate Produced by LD-Converter and Ladle Refining Process

○Nobuo Ohashi, Michihiro Tanaka,
Teiichi Enami, Hiroshi Ooi,
Toshihiro Sekine

LD 転炉と真空取鍋精錬炉の組み合わせ精錬により, 軽水炉圧力容器用の大単重極厚鋼板および鍛鋼品を製造しそれらの特性を詳細に調べた。鉍石の精選, 溶銑脱硫, 高混銑率精錬, 真空下での加熱と攪拌脱ガス処理, 雰囲気制御下注造塊など一連の処理により, 有害元素や非金属介在物を極低量に押え, かつ主要元素の含有量を精密に制御できる。代表例として, 板厚 250 mm, 板幅 4000 mm, 単重 45 t の ASTM-A533-B1 鋼板を大板のまま熱処理して調べた結果, まず組成および基本的な機械的性質は鋼板内できわめて均一であることが実証された。また全厚大型試片を含む CT 試験と 3 点曲げ試験とによる K_{IC} 値, 大型試片での 3 点曲げ落重試験と計装化シャルピー試験とによる K_{ID} 値, そしてコンパクト試片と全厚大型試片 (ESSO 試験) によるき裂伝播停止試験での K_{Ia} 値など各種の破壊靱性値を広範な温度域 ($-196\sim +60^{\circ}\text{C}$) で測定した。これらの値は各試験温度の K_{IR} 値に対しすべて安全側にあり, また規定の想定表面欠陥存在下における推算許容応力も設計応力に比べて十分安全側にあることが証明された。

(討 論)

Q: 本試験鋼の P 含有量 (0.006%) は非常に低いが, その低減法は? また溶銑中の P 含有量は?

A: LD 転炉精錬の途中でいつたん出鋼し, スラグを取り替え, 再び LD 炉へ装入して精錬する方法をとっている。溶銑中の P は, この場合 0.115% であった。

Q: ASEA-SKF 炉でどの程度の脱硫が可能か? 精錬前の S 含有量は? また本試験鋼の場合, REM は使用しているか?

A: 脱硫はすべて溶銑の段階で行うので, SKF 炉では脱硫を目的とした精錬は行っていない。LD 転炉装入時の溶銑中の S は 0.002~3% に低下させてある。また本鋼種の場合, REM およびその他の介在物形状制御元素は一切添加していない。

Q: この種の鋼板を製造する際, 本報告に述べられているような計算機制御の圧延機による高度の圧延技術が基本的に必須の因子となっているか? またどのようなパラメータを制御するのか? さらに, このことは圧延後の焼入れ-焼もどし処理による材質付与とどのように

関係しているのか？たとえば、熱処理前に細粒にしておくということのために圧延の制御が必要なのか？

A：この種の鋼の特性を支配する最大の因子は適正な化学組成と高い清浄度であり、その意味で製鋼過程での技術がもつとも重要といえる。しかし、大単重の広幅極厚鋼板を正確な形状に、しかも寸法誤差を極小にして圧延するためには圧延技術もまた非常に重要な因子となる。制御パラメータとしては、圧延方向を考慮に入れたロールパス順序、同じく温度と変形抵抗を考慮に加えた各パスでの圧下量、長手および幅方向の厚み分布などである。細粒化については、鋼塊やスラグの加熱温度に注意をはらうほか、圧下量も重要因子であるが、むしろ組成、とくに Al と N の含有量を適正に制御することが実際上大切と考える。

Q：NDT 温度以上で高い靱性値が得られている試験片での破壊は靱性変形による安定破壊が先行していると思われるが、その開始時点をもどのような方法で測定したか？とくに大型試験片で安定破壊が先行したとすると、その時の破壊靱性値は？

A：高温側での試験では確かにほとんどの場合安定破壊が先行するので、 J_{IC} 値を求めて K_{IC} 値に換算している。小型 3 点曲げ試験では電気抵抗法により安定破壊開始点を求めている。また全厚 CT 試験では、荷重-開口変位曲線を求め、その形状から安定破壊の有無を判断しているが、実際にはそれによる変位量はわずかで、すぐ不安定破壊に移行する。したがってその時点での破壊靱性値を求めて表示している。

Q：50×100×500 mm³ 試験片による落重試験での K_{ID} 値の測定時、荷重-時間曲線からどのようにして破壊開始点を求めたか？また試験片打撃速度は？

A：本試験はバブコック日立(株)で行われ、本報告の Photo. 1 に示した計装化シャルピー試験での荷重(およびエネルギー)-時間曲線と類似の曲線から K_{ID} 値を求めている。打撃速度は 0.7~1.0 m/s 程度である。

Evaluation of Mechanical Metallurgy Characteristics of Pressure-Vessel Steels

○Karel Mazanec, Ludmila Hyspecka, Miroslav Tvrđý

軽水炉圧力容器用鋼 3 種類 (A : 20 Mn 鋼, B & C : 20Cr2.5MoV 鋼) を商用電気炉で溶製し、4 t 試験鋼塊に铸造後、鍛造により 180 mm 厚の鋼板とした。焼入れ焼もどし後、A 鋼はフェライト-ベイナイト、B、C 鋼はベイナイト組織となった。これらについて、シャルピー試験 (-100~+200°C) と 150 mm 厚大型試験片を含む 3 点曲げ試験 (-100~±0°C) により K_C , $K_{\delta C}$, J_{IC} , K_E 値などを調べ、また小型試験片の高速 3 点曲げ試験 (-70~-10°C) により K_D 値を求めた。これらの靱性値は 3 鋼ともすべておのおの K_{IR} 値を上廻っているが、3 鋼の RT_{NDT} がほとんど同じであるにもかかわらず

ず、B、C 鋼の各種靱性値は A 鋼に比べて約 2 倍であった。また静的破壊靱性値と動的破壊靱性値の差が B、C 鋼ではかなり大きい、A 鋼では小さく、これらの相異は組成および組織の違いによるものと判断される。さらに 150 mm 厚試験片により室温での疲労き裂伝播特性を調べたところ、Paris の式での C_0 値および n 値は従来報告されている他の構造用鋼の値と相似しているものの、初期表面欠陥深さ 20 mm を想定した時の予測疲労寿命は B、C 鋼が A 鋼の約 2 倍となった。

(討 論)

Q：試験材製作時に水焼入れと空気焼入れの 2 重焼入れが行われたと述べられているが、実際の方法は？

A：各鋼の CCT 曲線を参考とし、焼入温度から水焼入れし、途中で引き上げて強制空冷した方法を指している。

Q：Figs. 2, 3, 4 において静的破壊靱性値の下限曲線はどのようなクライテリオンで引いたのか？

A：安定破壊が先行した試験片では、その開始時の K 値を下限値として曲線を引いた。

Q：Fig. 2 によると、種々の方法で求めた靱性値がいずれもほぼ等しい値となつていますが、どれももつとも有用な方法と考えられるか？

A：現在それを論ずるには DATA が不足しており、今後さらに実験を積み重ねてから結論を出したい。

(コメント)

実容器と同じ大きい板厚で靱性評価を行えばそれだけ信頼性の高いデータが得られるが、費用は莫大なものとなる。我々の研究によると、板厚が 25 mm 程度になればそれ以上の厚みのものとほとんど変わらない評価ができるという結果を得ている。この場合、J 積分法を使うのがよいと考えている。(川原)

2) 焼もどし脆化しやすい鋼に対しては DWT は適切ではないと思う。(小野寺)

3) 本研究の鋼では QT 時の質量効果が大きいと思われる。試験片の採取位置も考慮してさらに検討する余地があろう。(小野寺)

Safety Evaluation against Fatigue of Steels for Nuclear Pressure Vessels

M. Kawahara

原子炉圧力容器における各種の欠陥の許容基準に関連し、ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. XI に、破壊力学的手法による疲労き裂成長解析が提案されている。

本論文は、これに関連して、圧力容器用鋼材についての疲労き裂伝播特性をしらべ、安全性評価の観点から、計測された特性値についてのばらつきをどのように処理すればよいか。また結局どのように材料定数の値をえらべばよいかを論じた。表面欠陥からの疲労き裂成長について、実験と理論計算との比較を行い、き裂の形状変化

の経路をしらべた。これに関連して、「リーク・ビフォア・フェイリャー」の概念による安全性評価において考慮すべき応力形成ならびに初期欠陥形状の差異の及ぼす影響について論じた。

(討 論)

A : (1) 実験定数として与えられている n の値は、広い範囲の材料で 2.0 に近いと考えてよいか。18Cr-12Ni タイプのステンレス鋼では n はいくらくらいにとればよいか。

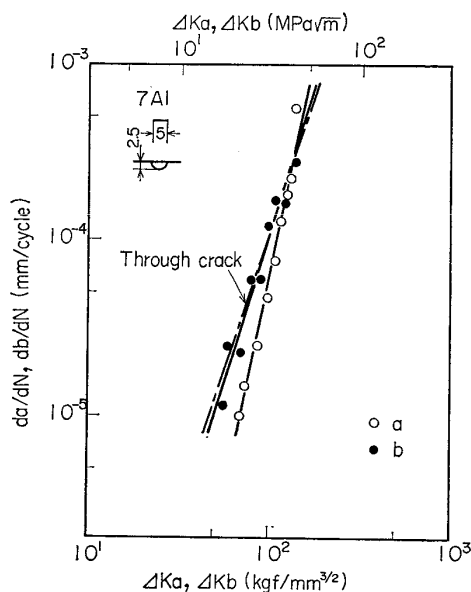
2) (10a), (10b) の式に与えている M の値, $E(k)$ の値について、詳細な表現式を知りたい。

3) 表面き裂と、板厚貫通き裂とについて、き裂伝播特性をしらべてみたか。

A : 1) 18Cr-12Ni 鋼そのものは、 n の値を実測していない。Paris則の指数 m に対して、 n の値が $m/2+1$ となるという推論もあるので、もし m の値が 2~4 の範囲にあるとすれば、 n は 2~3 の範囲になると推定される。しかしいずれにしても実測する必要がある。

2) 文献[3]*に詳細な記述がある。(後で、あなたへ郵送いたします。)

3) 表面き裂について、文献[3] で与えられる応力拡大係数を用いると、板厚貫通き裂に近い特性が、付図のように、確認される。



表面き裂と板厚貫通き裂とのき裂伝播特性の比較

Q : 表面き裂の伝播成長について得られたあなたの実験結果は、実際の压力容器での組み合わせ応力下のき裂の挙動と比べて、何か差異が起こり得ないか。

A : 実際の压力容器に近いものとして、直径 3 M の模型タンクを用いて実験した。材料は HT 80 であるが本論文と極めて近い特性が認められた。

* A.S. KOBAYASHI "Crack Opening Displacement in a Surface Flawed Plate Subjected to Tension and Plate Bending," ICM-II (1976)

材料が A533B 鋼, A508 鋼の範囲ならば、ほとんどこのままでよいと考えられるが、ステンレス鋼にまでなると、これらとちがった特性を示すかもしれない。また、径に対して肉厚が大きい場合については、ちがう特性になることが西ドイツで (Dr. Sommer) 調べられている。

Further Development of Steels for the Steam Generators of Fast Breeder Reactors

P. Morcinek, M. Gottwald, V. Walder,
R. Gladis, T. Prnka, P. Bernasovsky,
A. Jakobova, V. Foldyna

高速増殖炉蒸気発生器用材料として 2.25Cr-1Mo-Ni-Nb 鋼と 9Cr-1Mo-V 鋼について検討した。

2.25Cr-1Mo-Ni-Nb 鋼については異なる Nb 量 (0.58, 1.11%) の 0.06%C の材料について 10⁴h 程度の時効を行い、組織の安定性および機械的性質の変化を明らかにし、500°C において 30 000 h までのクリープ破断試験も行つた。

また、これらの材料について溶接性の研究を行つた。溶接熱サイクルを再現後 V ノッチ靱性をみると安定化度 [%Nb/(7.75%C+6.64%N)] が 1.0 の場合に $Tr=150^{\circ}C$, 1.65 の場合に $Tr=1150^{\circ}C$ で後者の方が Tr が低い。しかし後者では後熱後の靱性回復が見られない。組織的には共晶組成が後者の方に多い。一方、熱間割れ感受性は前者の方が高い。本鋼においては炭化物相を減少させることにより熱間加工性、切り欠き靱性を改善でき、機械的性質も良好であるので低 C, 低 Nb の方向が考えられる。

9Cr-1Mo-V 鋼は 9Cr-1Mo 鋼よりすぐれた高温強度を有し、9Cr-2Mo 鋼と同レベルである。強化要因は V が $M_{23}C_6$ の成長を抑制することと、固溶状態の V-C 対の挙動が考えられる。

(討 論)

Q : 2.25Cr-1Mo-Ni-Nb 鋼の使用限界温度は？ また第 3 期クリープ開始点, 1% クリープ到達点等のクリープ挙動は検討しているか？

A : 使用限界温度は FBR-SG 使用温度であり、max 550°C である。クリープ試験は現在実施中である。

Q : 安定化度の高い鋼の方が、共晶組成が多く、後熱処理後の靱性が回復しないのに、熱間延性が高く溶接性がよいという理由は何か？

A : 熱間延性の評価は高温下での一定歪みを与え、割れの発生する温度で表示している。低融点の共晶が溶解すれば割れが発生するが、融液量が多いと割れが埋められるので、冷却後顕微鏡で観察すれば割れが見えないという結果になっている。したがって、歪み又は応力がもつと大きければ割れが発生するだろう。

Q : 高温で生成する Nb-X-Fe 共晶とは何か？

A: Nb-C-Fe である。

Q: 9Cr-1Mo-V 鋼の使用目標温度, 溶接性, 最適成分は?

A: この材料は特に FBR-SG を目標に開発したものではなく, いずれも今後の問題である。

9Cr-2Mo Steel for FBR Steam Generators

T. Yukitoshi, O.K. Yoshikawa,
K. Tokimasa, T. Kudo,
S. Shida, Y. Inaba

9Cr-2Mo 鋼はボイラ用材として開発されたものであるが, 高温強度が高いことおよび高 Cr による Na 中耐脱炭抵抗性の点より高速増殖炉蒸気器用材として 2 1/4Cr-1Mo 鋼の替わりに使用出来ると考えたので基本的諸特性を検討した。

高温強度については ASME Case 1592 にもとづく許容応力を多数溶解材について求めた。2 1/4Cr-1Mo 鋼よりも著しく高い値となる。クリープと疲労の重畳効果は 304 SS より小さく, 2 1/4Cr-1Mo 鋼と同程度である。溶接性は Nb, V を含有していないためトランス・パレストレイン試験において割れを生じない。Na 中の質量移行については, 9Cr 鋼はオーステナイトステンレス鋼と炭素活量がほぼ等しいため脱炭しにくい。Na リークを考慮したアルカリ溶液中の腐食試験では SCC を生じず, 腐食抵抗も 2 1/4Cr-1Mo 鋼に比較して著しくすぐれている。これらの結果より, 本鋼は高速増殖炉蒸気発生器用材料として使用できると考えられる。

(討 論)

Q: Nor. Temp. 後または時効後の $M_{23}C_6$ および M_6C の挙動は?

A: スライドで説明。

Q: 疲労試験を大気以外の雰囲気中で行っているか?

A: 行っていない。しかし一般に Na 中では疲労強度が向上することがすでに明らかになっている。

Q: LMFBR-SG 系につき 316SS を使用することについてどう考えられるか?

A: SG 管について, 現時点では使用可能と考えている。しかし, 将来の問題として SCC を考慮するとフェライト系またはインコロイ 800 の適用が考えられる。

Q: クリープ破断試験の総試験時間および試験材数は?

A: 100 万 h 以上, 10 溶解材以上である。

Q: 2%Mo を 9%Cr のクリープ抵抗または他の性質より最適と考えているか?

A: Mo 量をさらに高めることによりクリープ強度が上昇することを確認しているが, コストの点および Mo を高くすすぎると金属間化合物が析出し延性が低下するため, 2% を選んでいる。

Q: 試験材の δ フェライト量は?

A: 約 30% である。

Q: 長時間時効後に Fe_2Mo を観察していないか?

A: 検出されていない。

Q: クリープと疲労の重畳効果に関する結論は, 他の要因との相互作用すなわち流動 Na 中腐食を考慮した場合, その信頼性は高まるか?

A: Na 中効果を考える場合は本鋼の耐脱炭性, および酸化がないことより信頼性は高まると考える。

The Structural Changes of Alloy Incolloy 800 after Long Exposures to Elevated Temperature

O.K. Protiva, A. Karas, R. Riman

インコロイ 800 について 550~900°C, 10~10 000 h の時効を行い, 組織と機械的性質の変化を調査した。供試材は同一 C 量レベル (約 0.06%) で Ti が 0.20~0.50%, Al が 0.11~0.71% の 7 溶解材である。

時効後の強度は 600~700°C の時効で上昇し, Ti, Al の高い方が強度も高くなる。延性は Ti, Al 量により顕著に変化し, Ti, Al の高い 0.50Ti-0.71Al では 1/2 に低下する。衝撃値は時効温度上昇に伴い連続的に低下し, 900°C×10 000 h で最小となる。電子顕微鏡組織は 550°C×5 000 h 時効材を中心に観察した。Ti, Al の低い 0.11Ti-0.20 Al では, $M_{23}C_6$ のみが存在したが 0.50Ti-0.35Al, 0.44Ti-0.40Al, 0.21Ti-0.50Al, 0.50Ti-0.71Al ではいずれも γ' が見られ後程そのサイズが大きくなる。Al が 0.40% 以上では γ' が成長し機械的性質が劣化するので, 0.50 Ti, 0.25~0.35% Al が機械的性質の観点より最適成分である。

(討 論)

Q: 合金設計の考え方として, γ' による強化を積極的に利用するのか?

A: γ' は機械的性質の点より有効であると考える。

Q: γ' 析出において C 量の影響を検討するつもりはないか?

A: 今後実施する。

Q: クリープ破断靱性のデータは得られたか?

A: 目下はクリープ強度データをとっている。この試験の終わりに靱性も評価する。次回日本で発表したい。

Q: 実際製造の見地から溶接熱影響部の調査計画はあるか?

A: 他の研究項目でやっている。いずれ発表するがここでは十分な説明をできないのが残念である。

6. 見 学 記

訪問機関と中央政府の関係

図 1 に, チェコスロバキア国における中央政府と今回訪問した各機関の所属関係を示す。同国の鉄鋼生産約 1 500 万 t (1977 年) の約 90% は中央政府の一つである Metallurgy & Heavy Eng. (M. H. E.) 省, そして残りの約 10% は General Eng. 省のそれぞれ管理下で行われている。

表 1 訪問機関のチェコ語名と英語名

No.	チェコ語名	英語名	業種と(所在地)
1	Vitkovice Železářny A Strojirny, Klementa Gottwalda	Vitkovice Steel and Engineering Works, Klement Gottwald	製鉄, 重機械, 建設 (Ostrava)
2	Poldi-Spojené Ocelárny (Poldi-SONP), Kladno	Poldi-United Steel Works (Poldi-National Steel Works), Kladno	特殊鋼, 工具鋼, ステンレス, 耐熱鋼 (Kladno)
3	Válcovny Trub A Zelezarny n.p., Chomutov	Tube Rolling Mills and Iron Works, Chomutov	パイプ, シームレスパイプ, ステンレスパイプ (Chomutov)
4	Výzkumný Ústav Hutnictví, Zeleza, Dobra (略称: VÚHŽ)	Iron and Steel Research Institute, Dobra	鉄鋼研究所 (Dobra)
5	Výzkumný Ústav zváračský, Bratislava	The Welding Research Institute, Bratislava	溶接研究所 (Bratislava)

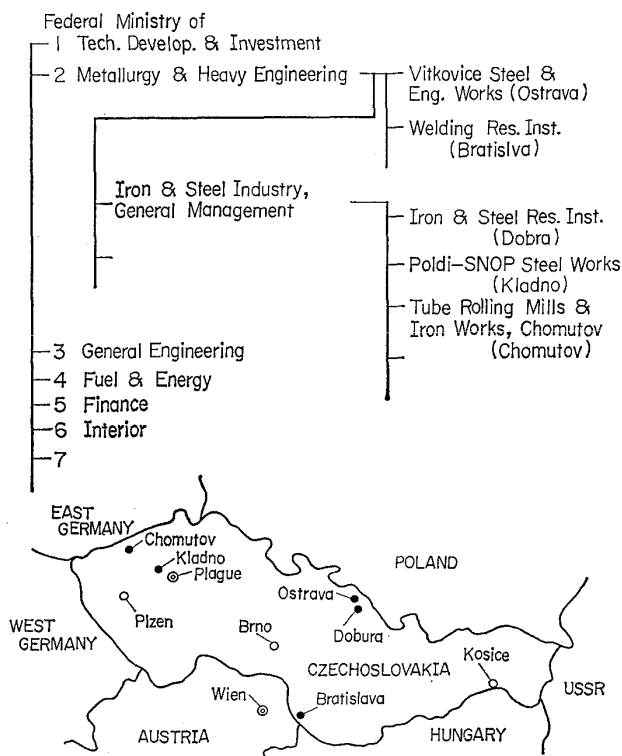


図 1 訪問機関と中央政府の関係

前者の中で約 25% は、同国最大の鉄鋼会社である Vitkovice Steel & Eng. Works で生産されるが、この会社は 1979 年 1 月 1 日付で M. H. E. 省の直屬機関となった。同省の管理下にある残りの 65% は、同省の下部機関である Iron & Steel Ind., General Arrangement (鉄鋼公団) の下に属する 16 の鉄鋼会社で生産されている。

なお、今回訪問した二つの研究機関の中、Iron & Steel Res. Inst. も同公団に所属しているが、Welding Res. Inst. は M. H. E. 省に直屬している。

各訪問機関のチェコ語名と英語名を表 1 に示す。また今回の訪問でしばしば会った政府関係の人名を下記する。

今回の訪問で会合の機会が多かった政府関係の人名

1. Federal Ministry of Technology and Investments
Ing. Sláva Vaněk (Head of Department)
Ing. Josef Lebl (Manager of International Affairs)
Ing. Vladimír Šimek
2. Federal Ministry of Metallurgy and Heavy Engineering
Ing. Jiří Malik
3. Iron and Steel Industry, General Management
Ing. Josef Mraz (General Director)
Ing. Vladimír Hanák (Technical Manager)
Ing. Josef Ješina (Manager of International Affairs)

チェコスロバキア国における原子力発電

1974 年 3 月 13 日にソ連との間に調印された原子力発電所用機器の製造に関する協力覚書に基づき「Interatomenergo 機構」のメンバーとなり、CMEA 加盟国の原子力発電所建設に参加協力してきている。これらの機器はソ連から供給される documentation に従って作られ、かつ製造、建設、稼働の各段階でソ連専門家の援助を受けている。

表 2

		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ti	Al
圧力容器	20ChMA	0.18	0.56	0.30	0.009	0.011	0.98	0.10	0.19	—	0.08	—	0.015
〃	A542+1%Ni	0.12	0.60	0.31	0.025	0.021	2.30	1.00	0.93	0.10	0.06	0.08	0.015
SG, 1次系	10GN2MFA	0.14	1.05	0.21	0.010	0.010	0.21	2.65	0.52	0.07	0.09	—	0.02

原子炉は「Novovoronyezh」型 VVER リアクター (PWR 型) で、現在の建設計画は次のようになっている。

建設計画	MWe 基数	建設年
V-1 Bohunice	440×2	1977/78
V-2 Bukovany I	440×2	1979/80
V-3 Levice I	440×2	1981/82
V-4 Bukovany II	440×2	1983/84
Brno	440×1	1985
V-5 Levice II	440×2	1985/86

上表とは別に、1964 年 Bohunice に 150 MWe のガス冷却炉が作られているが、これを除くと他はすべて 440 MWe 級のものである。現在 1000 MWe 級の炉を開発中であり、また FBR 炉についても開発研究中である。現在の 440 MWe 炉は付属する SG が 6 基、タービンが 2 基となっているが、将来の 1000 MWe 級のものでは SG 4 基となる予定。炉心圧力容器はすべて鍛鋼品で作られ、ESW 溶接も多用されている。鍛鋼品の製造については後述の Vitkovice 製鉄所見学記で詳述するのでここでは省略する。なお、これら圧力容器に用いられる鋼の 1 例を表 2 に示す。(大橋延夫)

1. 訪問先 Iron and Steel Research Institute

(Výzkumný Ústav Hutnictví Železa)

2. 訪問日時

昭和 54 年 6 月 7 日午後 2 時～5 時

3. 訪問者

不破団長以下全員

4. 応対者

Mr. Pavel Morcinek General Manager

Mr. Karel Řericha Technical Director

Mr. Tasilo Prnka Manager

Mr. Vananc Waldar Head of Material Research Group

Mr. Miroslav Kosar Manager, Rolling Tech. Dpt.

Mr. Josef Kučera Material Testing

5. 訪問見学内容

研究所の沿革と研究の概要を聞いた後、研究の諸施設を見学した。なお、この研究所を会場として日・チェコシンポジウムが開催された。

[歴史]

1948 年 創立, Praha に Steel Research Institute

として発足

1957 年 Iron and Steel Institute となる。

1966 年 Dobra に研究のセンターを置く。

1972～73 年 Dobra に現在の研究建屋 (10 階建) が完成する。

[現在の陣容]

Dobra に 550 人, Praha に 150 人, Karlstein に 100 人で、全体で 800 人である。Dobra の 550 人の内訳は 130 人が大学卒 (うち 19～20 人が C. Sc.), 190 人がテクニシャン, 230 人が工員である。

「C. Sc. (Candidate of Sciences)」という称号は、実質的に Ph. D. に対応している。チェコでは Dr. には極めて難しい条件が付されており、極端に少ない (今回のシンポジウム出席者では、Prof. Mazanec だけである)。

[研究予算]

年額 170 百万～200 百万コルナ (40～50 億円)

[研究テーマ]

鉄鋼の製造ならびに材料開発の研究を進めているが、現時点での主要なテーマは、次のようなものが挙げられる。

- (1) 原子力発電のための材料開発
- (2) オートメーション
- (3) 高張力低合金鋼
- (4) 化学工業のための材料開発
- (5) 鉄道・運輸のための材料開発

これらの研究テーマの、40% は、金属業界としてのプロジェクトであり、20% は、国としてのプロジェクト又は協力プロジェクトであり、その残り (40%) が鉄鋼業としての研究であると、分類されている。特定の一製鉄所のための研究も、いくつか行われている。

[関連組織]

鉄鋼業に関連して、Economical Institute が約 200 人がこれに所属している。鉄鋼製造におけるいろいろな工程の変化が、どのような効果を及ぼすか。電算機を用いて推定解析が行われている。

6. 研究施設見学

(1) 機械工作室

試験片の製作をはじめ、いろいろな機器装置の試作を受け持っている。機械加工の工員 40 人、組立・メンテナンス関係 50 人の計 90 人が働いている。最近試作したものでは、圧延機のフォート・リレーがあげられる。

(2) ワーク・ショップ群

焼結用粉体処理, レールと車輪の摩耗試験, ワイヤ引き抜き, 電気炉, 遠心鑄造機, 圧延機, 引き抜き機, 加熱炉などが並んでいるワーク・ショップを次々と通った。

電気炉は 0.5 t アーク炉のほか, 誘導炉 4 基 (40 kg, 100 kg×2, 250 kg) がある。遠心鑄造機は, 圧延ロール製造に用いられ, 表面と中心との注ぎ分けや鑄込みの角度変化が可能である。圧延機は 200 t 容量の 2 ロール圧延機で, 圧延パス・デザインにも用いられる。引き抜き機は, 40 t 容量で 50 mm 径のパイプなどを引くことができる。加熱炉としては, ガス, オイル, 電気など諸型式のものがあつた。

(3) 材料試験室

Mr. Kucera に導かれて, 1 つ 1 つの試験機を詳細に見学した。

① 電気油圧サーボ型疲労試験機

容量: 静的 150 t, 動的 ± 100 t

吐出量: 180 l/min (ポンプ 3 台)

制御部が米国 MTS 社製で, メカニカル・パートはチェコ国内でつくつた。見学時には脆性破壊試験片の疲労き裂入れの作業をやつていた。

② ローゼンハウゼン型疲労試験機

容量: 静的 100 t, 動的 50 t

き裂長さの計測をポテンシオ・ドロップによつて計測している。

③ 大型シャルピー試験機

容量: 1 000 kgf·m

板厚 25 mm までのダイナミック・ティア・テストを行つている。振り子の幅が 600 mm と大き目にとつている。

④ 重錘式クリープ試験機

950°C×2t: 32 台

1 200°C×0.5 (2 t 可): 2 台

試験片: 3~10 mm 径

⑤ バネ式クリープ試験機

800°C×1t×15 本マルチ: 30 台

各試験機ごとに, 温度と荷重条件を設定するとして, 合計で $15 \times 30 = 450$ 本の試験ができる。

⑥ 低サイクル疲労試験機

容量: 50 ton, コンピュータ制御

米国 MTS 社製

⑦ 中・小型疲労試験機

ローゼンハウゼン型の 2 t, 10 t, 40 t 容量のものが各 1 台ずつあつた。

⑧ ねじり疲労試験機

シェンク型の容量 8 kgf·m のもの 1 台, ほかに更に小さいものが 2~3 台あつた。

(4) 分析関係

次のような諸分析装置を見学した。

① 原子吸光分析: Varian 社製 AA775

② 機器分析: LECO 社製

③ 化学分析

④ 介在物形態分析: Klinger Koch 方式

⑤ 腐食試験: SO₂ + 水による腐食

(5) 金属組織関係

① 金相顕微鏡

② 高温顕微鏡

③ 電顕: 日本電子製 JEM 200A

④ 電顕: TESLA BS540 (チェコ製)

⑤ 定量光学顕微鏡: K. Zeiss 製, EPIQUANT

⑥ デイラトメータ

(6) 計算機室

Hewlett-Packard 社製, 144 k バイトのメモリーの中型計算機を見学した。(川原正言)

1. 訪問先

Vitkovice Steel and Engineering Works of Klement Gottwald

(Vítkovice Železářny a Strojny Klementa Gottwalda)

70602, Ostrava, Czechoslovakia

2. 訪問日時

1979 年 6 月 8 日 (金), 9.00~13.30

3. 訪問者

不破団長以下全員

4. 応待者

Mr. Ian Hladký, Vice President

Mr. František Kupka, Director, Operations

Mr. Josef Lesniak, Director, Research Institute

Mr. Turon Slavniř, Manager, Nuclear Operations

Dr. Jiří Elfmark, Manager, Research

Mr. Josef Jeřina, Head, International Dept., Iron and Steel Industry General Management

Prof. Jiri Skála, Metall. Dept., Ostrava Technical University

5. 見学内容

副社長 Mr. Hladky の長い説明の後, この会社の約 80 の工場の中の三つを,

12 000 t プレス工場と隣接の熱処理工場, 機械加工工場と製鋼工場 (tandem furnace が中心)

の二手に別れて見学した。

[歴史と立地]

この国の鉄鋼業は, Moravia (Ostrava 周辺) に 60%, さらに東 Slovakia, 西 Bohemia と三つの中心を持つが, 当社は Ostrava を代表する鉄鋼工場である。1828 年に Vítkovice に設立, 現在は Ostrava 市に入つてい



写真 4 Vitkovice Steel Works にて

る。

昨年 12 月 9 日に創立 150 年祭が開かれた。

急速な発展は 1945 年にソ連の進駐と企業国営化の後で、工場に冠せられた Klement Gottwald は戦後最初の首相の名を許されたものである。

本年 1 月 1 日に国内各地の 5 社を合併して、工場の規模は拡大した。チェコスロバキア製鋼工場の 65% は Iron & Steel Industry General Management により統括され、残りは Ministry of Metallurgy & Heavy Industry に直属するが、省直轄の 35% の中の 25% をこの Vitkonice で生産する。

[工場の概要]

(1) 従業員と生産額

従業員数 40 000 名……Ostrava 地区の工場

30 000 名……今年合併した 5 企業

全売上げ 15 000 Mkr/年 (5 750 億円/年)

この内の 10 000 Mkr/年は Ostrava 地区で生産。また 70% が鉄鋼製品、30% が機械類プラント機器類である。

(2) 運営組織

社長の下に 1 名の副社長、6 名の central manager がおり、次の三段階で全社を運営する。

1) Central Office : business, sales, capital investment などの統括。

2) 11 の Plant : antonomous に、それぞれの経済、生産計画と統制などを行う。

3) 約 80 の製造部と shop : それぞれ製造計画, 設備計画, 経済を推進する。

(3) 設備

1) 原料～製鉄

sintering plant : 1.75 Mt/年, 鉱石は 75% がソ連から輸入, 15% は国内, 10% はその他から購入。

coke oven furnace : 0.6 Mt/年

blast furnace : 1.000 m³ × 2 基 } この中の 1 基を
600 m³ × 1 基, 改装中 }

computer control
製鉄能力は 1.75 Mt/年で、この内の 0.5 Mton/年を鋳物鉄に向ける。low quality burden (50% Fe) で, coke ratio 470 kg/t を達成している。

2) 製鋼

No. 1 Plant (90 年前の建設) : 高級鋼, ステンレス鋼
原子炉用鋼を主とす。

50 t 平炉 × 4 基

60 t 電炉 × 2 基 } 5 基目を建設中

20 t 電炉 × 2 基 } (能力は不明)

DH 脱ガス装置 × 1 基, さらに 1 基増設中。

真空鋳造は 64 t 鋼塊用 1 基, 来年 260 t 用の設備を増設。

No. 2 Plant (70 年前の建設) : 普通鋼, 構造用鋼,

200 t - 200 t tandem furnace × 4 set, 平炉の改造

200 t 平炉 × 2 基, 未改造

talbot 炉 × 1 基

全粗鋼生産能力 : 2.0 Mt/y.

3) 圧延

13 rolling train を持つ

4 Hi, 3.5 m, plate mill, 1972 年自家製, <40 mm thk, 0.5 M ton/y.

2 Hi, 4.5 m および 3.2 m, plate mill.

heavy section mill, 各種.

medium section mill, 改造して他の土地へ.

strip mill, 取替中.

seamless tube mill, Mannesmann および Stiefel mill, 合計能力 0.21 M t / y. 圧延製品生産能力 (上述のまとめ)

大, 中型鋼	1.7M/y	} 鋼塊不足分は他工場より搬入 (推定)
鋼板	0.75 "	
鋼管(seamless)	0.21 "	

4) 鋳造

12 000 t, 6 000 t, 4 500 t のプレス, 計 3 基あり,
製造能力は 70~100 千 t / 年, 12 000 t プレスでは 30 千 t / 年 (内数) である.

5) 鋳造

150 t / piece まで製造可能.

6) 熱処理

一連の焼純および焼入れ設備

7) 機械加工および鉄構溶接組立

各種の大型, 特殊製品 (後述) のための設備あり. 現在原子力圧力容器の組み立て工場 (320 m × 75 m / 3 ベイ) を建設中. 鋼構造物の製造能力は 110 千 t / y である.

8) Vitkovice と原子力

当社は Škoda/Pilzen とともに, ソ連型 PWR たる VVER 440 型 および 1 000 型の主要機器の製造体制をとりつつある. チェコスロバキアは 1990 年までに 1 500 万 kW の発電量を増加するが, この中の 800~1 000 万 kW を RWR で達成し, その主要材料の 80 % をこの Vitkovice が供給する計画である.

(4) 主要製品

1) 鉄鋼素材

銑鉄, 鋳鉄, 圧延製品 (前述) 各種.

2) 鋳造品

圧延機部品 (ロールスタンド, など), セメントキルン部品, 各種産業機械部品.

3) 鍛鋼

船用機器部材 (クランク軸, ラダーストック, など), 化学プラント用部材, 火力水力発電用部材, 原子力圧力容器用部材 (RPV, SG, RLP, インターナル, など), 各種産業機械部品.

4) 機械, 装置圧延機: 分塊, スラグ, 厚板, 大型鋼などのミル. 自社用 3.5 m, 4 Hi ミル (上述) に加えて, 3.6 m および 3 m の 4 Hi ミルをソ連向けに製造.

溶接管, スパイラル溶接管設備:

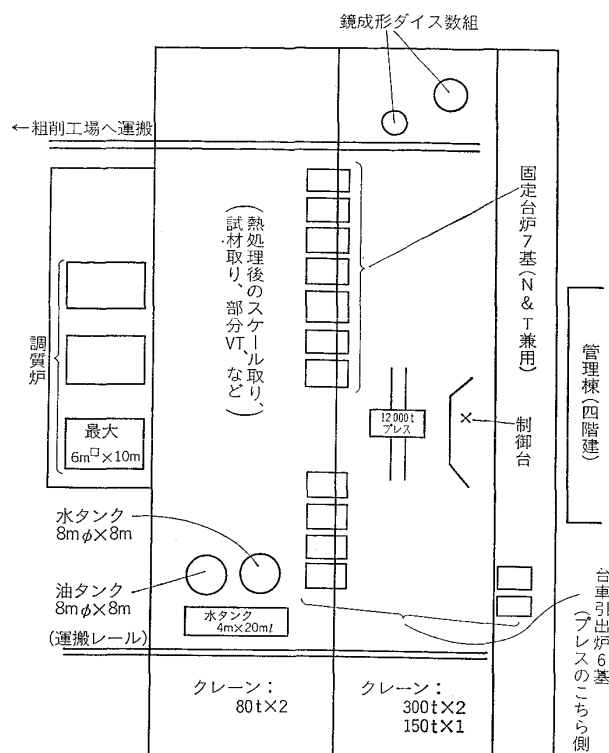


図 2 Vitkovice 社, 12 000 t プレス工場略図

シームレス管ミル:

各種製鉄機械, 設備: 溶鋁炉, 製鋼炉, 連鋳設備, 真空処理設備, コークス炉, 焼結炉, ピット・カーなど.

各種ギヤ, 連結器類:

石炭プラント: ストラッカー, コンベア, 洗浄設備.

建設, 鉱山機械: 土木機械, エキスカベーター.

農業用設備:

化学プラント設備: タンク, ガスホルダー, 圧力容器, ボイラー.

原子炉用機器: RPV, SG, RLP, インターナル, など

5) 建築物

橋 (例えば Bratislava/Donau 橋), タワー, ビルディングの鉄骨, 工場, 煙突.

(5) 12 000 t プレス鍛造工場と熱処理工場の見学
図 2 に工場のレイアウト略図を示す.

1) プレス

イタリアの Terni 社とともにヨーロッパ (ソ連を除く) 最大の鍛造プレス (free forging) である.

プレス内寸法——4.75 m × 1.6 m × 6.5 m (daylight)

荷重切換 ——4 000, 8 000, 12 000 t

寸法制御——4 000 t 荷重時のみ可能 (数年前

Škoda 社により完成.)

2) 鍛造加熱炉

台車引出炉 6 基を含み, 計 13 基.

3) クレーン

プレス線中層に 300 t × 2 基, その上層に 150 t 級 1

基、熱処理線は 80 t×2 基。

4) 鋼塊

最大 240 t, ただし真空処理は 64 t まで可能。現在 135 t の真空処理鋼塊を Škoda/Pilzen から運んでいるが、来年には 260 t までがこの工場で製造可能となる。

5) 人員と生産量

85 名, 2 シフトで 2500 t/月 (前述)。

6) 熱処理加熱炉, 焼入れタンク

図に示すごとく, 十分の能力あり。

7) 鍛造技術

たまたま折曲げ法によるクランクアームの最終成形工程を見学したが, 見事な作業振りであつた。打放し品の肌, 機外鍛造法の活用, 設備への地道な投資など, 立派な工場と見受けた。

(6) 重機械工場の見学

この工場は Vitkovice 本社に隣接しており, 440 m×10 ベイと, 欧州最大とも言われる大工場である。屋根が低いせいか, 明かり窓も十分と見られた。

設備としては三菱重工製の 3 軸 NC ドリル機を持つラインを整備中であるほか, 多数のクランクアーム, 軸類, リング材, ケーシング, ロールスタンド (320 t, ESW によつて組立てたもの), ディスク, VVER 440 型 RPV の部材, 18 m O.D. のリング材などかなりの仕事量と見受けた。大型ローター材は見えなかつた。

(7) No. 2 製鋼工場の見学

当社独自の設計になる tandem furnace を中心に見学した。

1) tandem furnace 設置の由来

1950 年に 200 t 平炉, 6 基で出発したが, 増産のために改造することとした。具体的には溶銑の不足をより多くのスクラップで補うと言う条件を満たす炉を, 自社で設計, エンジニアリング, 製作をしたものである。

2) 構造

これを図 3 に示す。要点は次のとおり。

a) 炉は片方がそれぞれ単独に傾注可能で, 炉の断面は転炉に類似で浴深が大きい。

b) 精錬中に発生する CO ガスを, 助燃ランスから O₂ を供給して燃焼させて, 隣接炉内のスクラップを加熱する。

c) 助燃酸素: 純度 85%

計 62~65 Nm³/ton

d) 精錬用酸素: 純度 99.9%, 45~48 Nm³/t

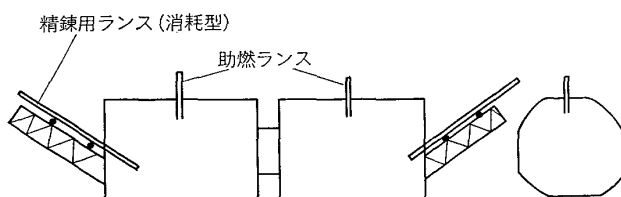


図 3 Vitkovice 社, tandem furnace の略図

e) 排ガスは冷却して bag filter へ。

f) スクラップは 2 bucket/charge, 33~35% の装入

g) 溶銑成分は 0.5/1.0% Si, 0.5/0.8% Mn, S≈0.020%, P≈0.20%。

h) 溶銑量は 770~780 kg/t of steel。

i) 煉瓦は MgO 系, 寿命は約 350 回。

j) 製品は, リムド鋼 75%, セミ・キルド鋼 20~25%, キルド鋼若干。

6. 所感

以上, この国最大の鉄鋼, 機械工場の一端をのぞき見たにすぎないが, 溶鋼の真空処理, 製品の大型化への対応, ソ連規格による束縛などの点を除けば, 見学の範囲では,

1) 仕事量の確保と国内過当競争の不在

2) 必要設備の更新

3) 相当なレベルの現場技術

4) 製鋼原料の確保

など, 困難な条件下のくふうについて, 彼に学ぶ点の多いことを感じた。これに加えて, 格安の人件費, 物価, 住居費は彼の勝るところである。

今後は想を新たに, 彼我の交流に臨むべし, と感じた一日であつた。(小野寺真作, 大橋延夫)

1. 訪問先

POLDI United Steel Works

(POLDI Spojeně Ocelárny Národní Podnik,

略して POLDI-SONP)

27262, Kladno, Czechoslovakia (Praha の西北 30 km)

2. 訪問日時

1979 年 6 月 11 日 (月), 10:00~17:30

3. 訪問者

不破団長以下全員

4. 応待者

Mr. Jiří Bartos, Technical Deputy Gen. Manager

Mr. Oleg Engel, Head, Plant Development Dept.

Mr. Ivo Petrman, Nuclear Engineering Materials

Mr. Ludvik Motyka, Commercial-Technical Services

Mr. Malý, Chief Metallurgist

Mr. Sucker, Manager, Research Dept.

5. 見学内容

Mr. Bartos が出張不在の所長, Mr. Dlouhý に代わつて歓迎の挨拶の後, 工場見学の概要 (原子力関連部門が中心) を説明し, 続いて英語のテープ・レコーダによる会社概要の説明があつた。その後, 午前午後の終日を費して工場を見学した。

[POLDI 社の歴史]

Bohemia の中心に位置する Kladno 地区にコークス用石炭と鉄鉱石が発見された後、1855 年5月には初めて高炉からの出鉄に成功した。1857 年には Praha Iron Co. が設立されて、間もなく Kladno 製鉄所は Bohemia の鉄生産の 45% を生産するようになり、レール、ビーム、ワイヤ、コンクリートバー、快削鋼などの commercial steel を製造してきた。1945 年には国有化され、またソ連の Koniev 元師の名をとって Koniev Works と名づけられた。

他方、K. Wittgensten 男爵は高級鋼を作るべく、1889 年に Kladno 製鉄所の近くに、妻の名（短縮形）を冠した POLDI Steel Works を作った。

1948 年にはこの二つの製鉄製鋼所を含む 42 の冶金工場から United Steel Works が作られたが、1952 年にこの会社は再編されて KONIEV Plant と POLDI Plant のみが残る、POLDI-SONP (POLDI-United Steel Works) となつたのである。

1972 年にはこれら2工場に隣る 30 ha の土地 Dřín に第3の工場 (POLDI No. 2 工場) の建設が開始され、1975 年から出鋼を開始した。またこの時から Koniev 工場の高炉を吹き止めた。

[工場の概要]

工場幹部の説明には、工場全体にわたるものがなく、また見学後の印象では、古い工場を何とか再生しようとする努力の最中でもあるらしいので、先方の用意してくれたプログラムによる見学のメモを、主として記録に残すこととする。

(1) 従業員と生産額

従業員数 約 20000 名

生産金額 4.3 Bkr/年 (約 1630 億円/y), 1975年度
5.4—〃— (約 2050—〃—), 1980 年度
予想

(2) 見学した設備

1) 製鋼

Koniev 工場に戦後建設された 3 基の 500 m³ 高炉は、上述のごとく既に吹止められ、Dřín 地区の新工場が製鋼の中心となつている。(図4参照)

この新製鋼工場は全長 520 m (全完時)、5 ペイのもので、現在第1期工事としてその 1/2 長が完成し、稼動している。

a) 電炉: 100 t × 2 基, ソ連製

トランス出力—48 WVA

最大電流 —60 kVA

電極径 —600 mm

付帯設備—O₂ ランス (水冷式, 炉天井から垂直に吹射, 8 Nm³/t of steel), 電磁誘導攪拌, 集塵装置 (乾式, 19 g/Nm³)

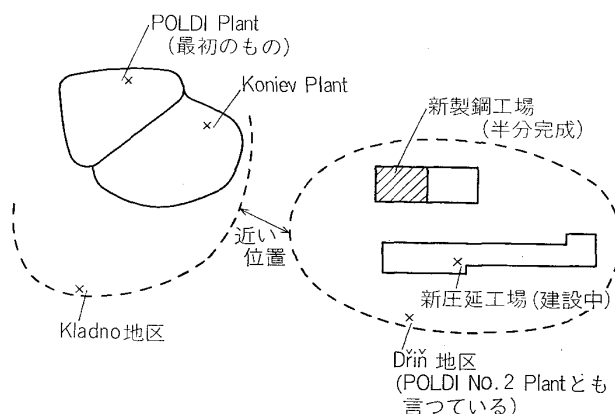


図 4 POLDI 社の工場位置と名称

tap to tap — 4 h

炉ライニング寿命—100~130 回 (炉床 MgO), ダブルスラグ多し (高級鋼)

b) 造塊:

連铸—DEMAG/Vitkovice 製, 垂直型, 4 strand × 1 基, の稼動開始直後, 280 × 320 mm² のものを準備中であつた。将来は連铸率を 50% とする由。

DH 脱ガス装置—操業開始中, 120 t 容量。

小型普通造塊 —3.7 t 鋼塊, 6~8 本立, 台車下注, 自動秤量装置付, 押湯保温材装置にくふうあり。

c) 生産量: 現在 2 基で 42 万 t/年, 4 基完成の時は 100 万 t/年とする。

2) ESR 工場 (Koniev 工場の一隅)

a) 1.5 t 炉: 3 基, 自家製

トランス出力—780 kVA

最大電流—11 kA

電極径 —160 mm φ, 210 mm φ

铸塊形状—260 mm φ, 300 mm φ, 350 mm φ

b) 8 t 炉: 1 基, ソ連製, 近く稼動開始

トランス出力—2500 kVA

最大電流—28 kA

電極形式—単極式, または双極式

電極形状—350 mm φ, 220 mm × 440 mm × 2 本

铸塊形状—510 mm φ, 875 mm φ

c) フラックス: 主として 70% CaF₂—30% Al₂O₃

d) 対象鋼種: ダイス鋼, ロール鋼, 工具鋼, 高張力鋼

3) No. 4 鍛造工場

a) 水平鍛造機: GFM/Austria 製, SXL-40 型

摺み径—40~400 mm φ

鍛造力—650 t

鍛造速度—220 回/s

所要動力—750 kW

生産量—700 t/月, 主として semi-product

b) 水平鍛造機: GFM/Austria 製, SHL-425 型

c) 高速プレス: VÖEST 製, SXP 60 型, 600 t, pull down 型, マニプレーター連動, 2 室再加熱炉, 回転式予熱炉, など付属.

d) 本工場の生産量: 2 000 t / 月

4) 熱処理工場

a) 連続焼なまし炉: AMCO-1, AMCO-4 各 1 基
AMCO/Austria 製

対象製品——棒, シートの焼なまし

製品サイズ—10~150 mm ϕ および 10~180 mm ϕ

最大長さは 6 m.

炉長——28 m および 32 m.

燃料 ——天然ガス

その他——30~120 mm/s の送り, 700~900°C, 5~7 帯, ローラ幅 1360 mm, 製品高さ 200 mm など.

b) 棒鋼熱処理ライン: AMCO 製

製品サイズ—18~140 mm ϕ , 最大長さは 6 m.

2 帯加熱焼入れ, ローラーハース炉 1 基, 最高温度は 1000°C, 焼入れ剤は水, 油, 空気スプレー.

2 帯加熱焼もどし, ローラーハース炉, 2 基—最高温度は 800°C, 冷却剤は水.

5) 鋼塊皮剥き工場:

ピーリング機——MS107B (英国製)

装着材料 ——82~192 mm ϕ , 3~6 m

皮剥き速度——160 mm ϕ で 1.28 m/s

表面粗さ ——Ra 12

対象製品——SUS 321 の鋼塊を 151 mm ϕ から 148 mm ϕ へ, また角型鋼塊 (ステンレス鋼)

をミリング機で皮剥き中であつた. いずれも原子炉用鋼管の素材で, Chomutov 鋼管工場に供給するものであつた.

6) 外科手術用材料の工場: POLDI Anticorro ステンレス鋼による骨折手術用素片を作っており異色の興味ある工場である.

(3) 当社の製品

1) ビレット, 棒鋼, 型鋼, ワイヤ, チャンネル, レール, 各種断面のもの

2) 鍛造ブロック

650×650 mm² までのダイス鋼, モールド用鋼

3) 鍛造した半製品

鋼種により 350~500 mm ϕ , ϕ までのもの.

4) 鍛造品

250 kg までの disc, 700 mm ϕ で 15 t までの軸材, 各種型打ち品, クランク軸 (80 000 本/y の能力), など.

5) 特殊鋼

工具鋼, 耐熱鋼, 耐食鋼 (化学工業, 繊維工業, 医療用, 食品工業) の各種

(4) POLDI と原子力

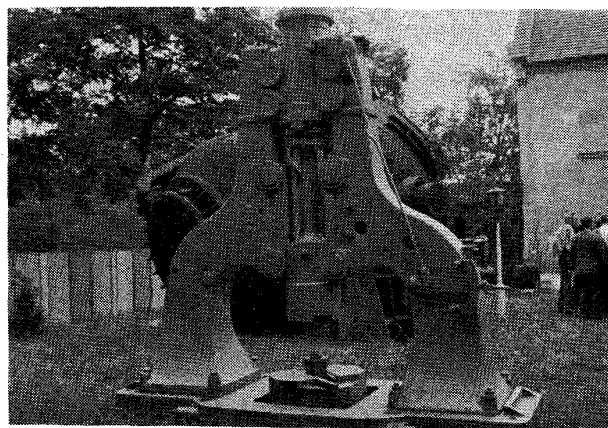


写真 5 POLDI United Steel Works 鉄鋼博物館に保存されている古いトーマス転炉

チェコスロバキアでの原子力用材料製造については, まだ general license はないが, 政府の関連機関から authorize は受けられる.

(5) 当社のかかえる当面の問題点

次の三つだと言う.

1) 合金用 Mo, W の入手 (東独より入手).

2) 多くの技術的な未解決な問題

3) 労働生産性. POLDI No. 2 工場の完成により, 生産性は 4 倍 (全額にて) を期待する由.

6. 所感

当社は工場の近代化に全力を挙げて取り組んでいるところで, 古い設備を大切に使い, 新しい設備を導入して, 特殊鋼材供給の責任を果たそうとするものと察せられた.

製品品質は全般的に優れていると思われる.

昼食前に小さな鉄鋼博物館に案内されたが, 1000 年前のケルト人以来の鉄片や, 古い Bohemia の製鉄製鋼工場の図や画があり, 興味深い限りであつた.

終わりに, チェコ側が本工場を準備した由来にもどつて考えて見ると, 後に見学の Chomutov 製管工場への素材供給の意味での原子力関連と言うことであつたのだろうか. (小野寺真作, 牧野武久)

1. 訪問先

Tube Rolling Mills and Iron Works, Chomutov
(Válcovny trub a železárny, n.p. CHOMUTOV)

2. 訪問日時 1979 年 6 月 12 日 10~15 時

3. 応待者

Vlastimil Nedoma Production Director

Jan Zdvihal Technical Director

Stan Lesák Technical Development Dpt.

Jan Pacak Technical Research Dpt.

Jan Drboud Hot Mills Dept.

4. 同行者 Josef Jesina Iron & Steel Industries
General Mang. Venac Walder Iron & Steel
Research Inst.

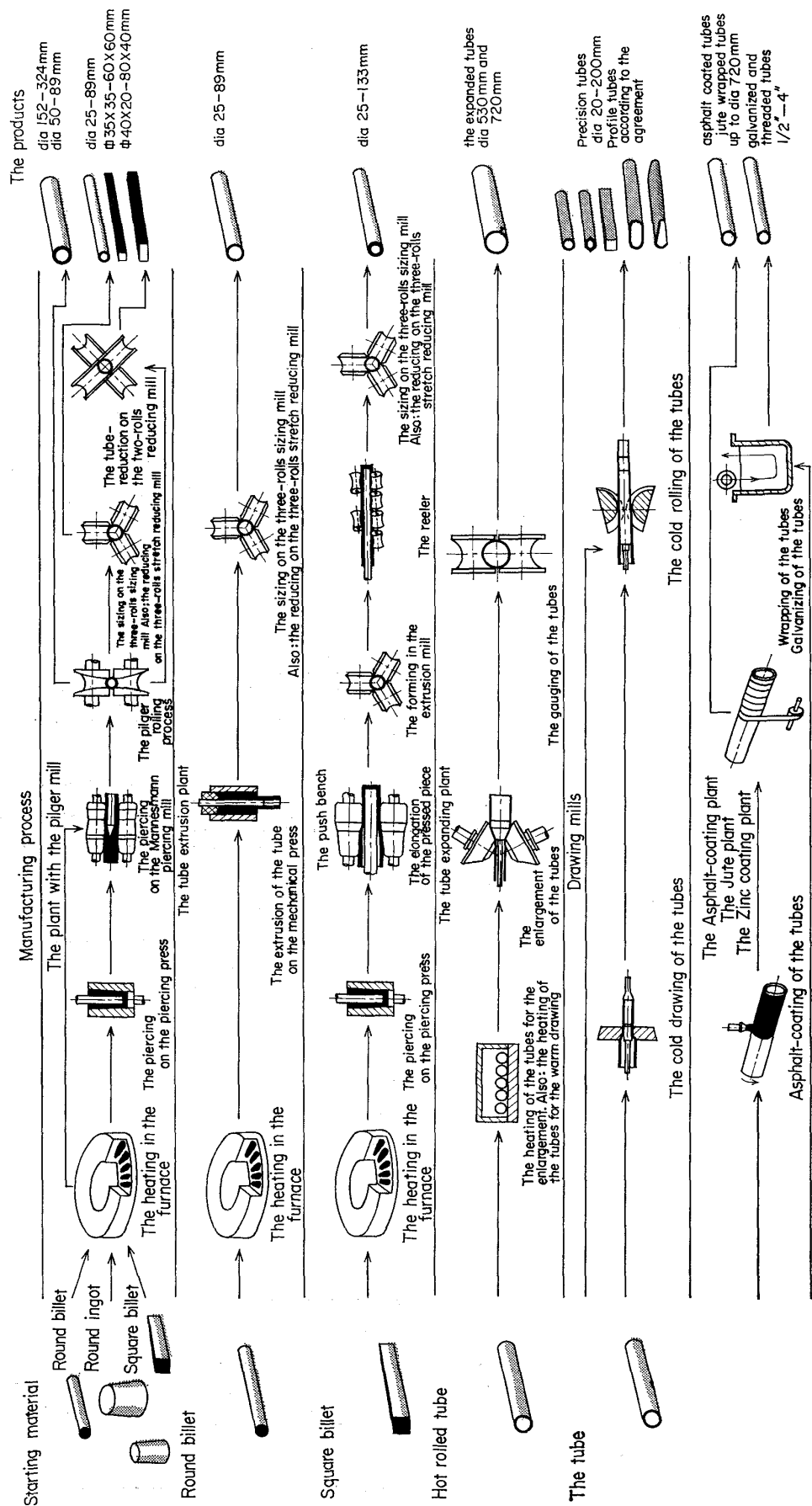


図 5 The production scheme in the tube rolling mills and iron works chomutov.

5. 見学内容

Chomutov 市のある北ボヘミア地方は褐炭を産出し、古くから銅など金属の鍛造等加工業の盛んな地方であった。1890 年に Mannesmann Brothers によつて最初の Hot pilger mill が建設され現在に到っている。

Chomutov 市には、当 Tube Rolling mill の他に従業員数 2100 人の Werk Julius Fucík, Chomutov があり、引き抜きの条鋼、線および高合金鋳鋼などを生産している。当工場の製品は継目無鋼管であり生産量は 46 万 t/y といわれ、大径管の 82~85% はソ連邦へ、ラインパイプ用として輸出されている。したがって生産の主要部分は、炭素鋼 (C-Mn 鋼) 低合金鋼であるが、軽水炉蒸気変生器などに使用される冷間加工仕上ステンレス鋼管も製造されており、原子力用鋼管の代表的製造工場ということで、工場見学が計画された。

当工場には製鉄製鋳などの原料部門はなく熱間圧延以降の工場であり、原料の鋼塊、ビレットなどは他の 7 工場から供給されている。例えばステンレスビレット (150 mmφ) は、前日見学した United Steel/Kladno でピーリング、切断後、当工場へおくられて来る。

従業員数：計 5700 人の内訳は次のとおり。

maintenance & Energy	2000 人
Technical	1000 人
Worker	2700 人

製造工程、設備、製品サイズ、生産量：

図 5 に製造工程の模式図を示し以下順をおつて説明を加える。

(i) Hot Pilger mill.

素材は鋼塊 (最大径 600 mmφ, 最大重量 3.5 t) 又はビレットで、回転炉で加熱、圧延される。製品は、図に示されるように工程により、152~324 mmφ と 25~89 mmφ に分けられる。鋼種としては、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、耐熱鋼である。152~324 mmφ の素管は、Expanding mill におくられ、小径のものは Cold pilger mill におくられるので、中間製品になり生産量は明瞭に知ることはできなかった。

(ii) Extrusion

素材丸ビレットは回転炉で加熱、堅型メカニカルプレで押し出し、3-ロールミルでストレッチング又はサイジング加工され、製品になる。径は 25~89 mmφ, 鋼種は炭素鋼から高合金鋼までの広範囲であり、寸法精度がすぐれている。生産量は 35 000 t/y である。

(iii) Push Bech

角型ビレットを加熱、芯金の入ったままリーラーを通し、25~133 mmφ の製品を得る。鋼種は低合金鋼、生産量は 110 000 t/y である。リーラーは 13 対の対抗型ロールよりなり、これを Push Bench と呼んでいる。

(iv) Expanding Plant

素管を加熱、Expander で径を大きくし、形状を整え

て製品とする。この設備は 2 系列あり、ラインパイプ用鋼管の 530 mmφ 以下および 720 mmφ のものを 260 000 t/y 生産している。

(v) Cold pilger mill

外径 20 mmφ~200 mmφ の精密仕上管は、冷間引き抜き、冷間 (ピルガー) 圧延機で生産される。当工場には熱処理、酸洗などの設備がある。生産量は 28 000 t/y 内ステンレス鋼は 6 500 t/y である。

冷間引き抜き工場は見学できなかったが、圧延工場を見学できた。主要設備は Mannesmann Meer 製圧延機 3 台、洗滌装置 (16 000 mm 長さ、Perchlor)、光輝焼鈍炉 (連続式 H₂ 雰囲気) および、UST 各 1 基の新鋭の工場であつた。この工場の製品はすべてステンレス鋼で素材最大寸法 70 mmφ, 製品最大寸法 50 mmφ × 14 000 l である。

(vi) その他

アッセルミルを建設中であり現在建屋工事中である。

6. 印象

冷間圧延と熱間加工の両工場を見学したが、前者が新しいのに対し、後者は極めて古い。原料素材の搬入方法もジゼル機関車による小型台車であり、製品の搬出はロスキャリアによつていて、非舗装のため相当にほこりっぽい感じを受けた。Expander によるラインパイプ用大径管も、溶接管にとつて替わられることを十分知っているが、古い工場で懸命に働いている様子であつた。

新しい工場で、例えば、Poldi United Steel/Kladno のピーリング工場で「品質とコストは我らの使命」といった風なスローガンが工場内に掲げられていたが、この古い工場では暗くて見えないためか、そのようなものは見かけなかった。だが、アッセルミルが稼働すれば又、雰囲気も変わるであろうと想像される。

プラハを午前 9 時項バスで出発した。11 時少し前に工場に着いた。応対者の名簿と北ボヘミアの風物を書いた美しい写真入りの本を貰った。すべて、準備がゆきとどき、温かい歓迎を受けた。誌上を借りて関係者に厚くお礼を申し上げたい。(竹村右)

1. 訪問先

The Welding Research Institute Bratislava

(Výskumný ústav zvaračský Bratislava)

2. 訪問日時：

昭和 54 年 6 月 14 日 10 am~3 pm

3. 訪問者：

日・チェコ・シンポジウム団メンバー

4. 応対者：

Julius Zeke (研究開発全般の責任者)

Stefan Rau (Deputy of Technical Sec.)

Ladislav Lanyi (溶接技術研究の責任者)

Pavel Blaškovič (Senior Research Engineer)

Vladimir Uher (Deputy of Research Sec.)

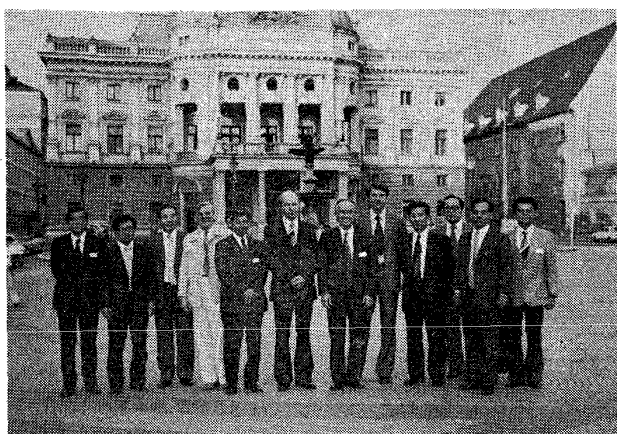


写真 5 プラチスラバ溶接研究所見学に当たり町中にて (左 L. Lanyi 氏, 中央 V. Uher 氏)

同行者 Vladimir Simek (FMTIR)

5. 訪問見学内容

同研究所についての概要の説明をきいた後、諸研究施設の見学を行った。

[研究所の概要]

プラチスラバ溶接研究所は、1948 年に創立された。同敷地はもとラジオ工場であつたが、国営化され、更に溶接研究所につくりかえられた。

今日次のような仕事をしている。

(i) 溶接技術の研究開発

溶接冶金、材料、機器など

(標準化、ドキュメンテーションを含む)

(ii) 溶接の検査と品質管理

10 年ほど前から、溶接ならびに溶接機器についての品質管理を行っている。

(iii) 溶接教育

習熟度によつて、いろいろなコースがある。

研究所全体で、800 人、うち大学卒 180 人、テクニシャン 180 人、工員 220 人、その他管理、ドキュメンテーションなどに 220 人が働いており、年間の予算が 55～60 百万コルナ (約 14 億円) である。

研究所は大きく分けて、次の 2 つの部分に分かれる。

① Technical Section (責任: S. Rau 氏)

② Research Section (責任: V. Uher 氏)

チェコ国内で行われる溶接に関する研究の 60～65 % がここで行われている。研究の区分としては、

Governmental Research 40%

Industrial Research 50%

Fundamental Research 10%

となつている。

[研究所の見学]

(1) 物理冶金研究室

電顕 (JEM 100 kV, Tesla 90 kV, JSM 50A など)

X線装置、その他

(2) 溶接性研究室

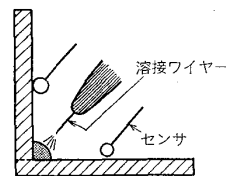
仕事として

- ① Cold Cracking
- ② Hot Cracking
- ③ Lamellar Tearing
- ④ Simulator: thermo-stress

溶接の Simulator は、日本製 (フジエレクトロニクス) の「Thermorestor-W」である。使用目的は、溶接の熱サイクル再現と、Cold Cracking, hot Cracking ならびに Lamellar Tearing への感受性をしらべることが主である。動作が早く溶接以外の目的にもつかうことができる。

(3) 自動溶接 Automatic Gas shield Welding

位置コントロールを機械的接触センサーにより行う。隅肉溶接や狭間先多層溶接に用いられる。(図 6)



(a) デモンストレーション



(b) このような応用例に用いられる
図 6

(4) 抵抗スポット溶接

電圧、抵抗、熱変形のモニター・コントロールを行っている。

(5) MIG 溶接

成分調整を行える。(図 7)

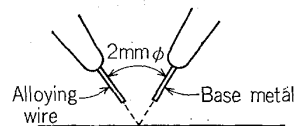


図 7 成分調整を行う溶接

(6) 抵抗プロジェクション溶接

圧力 60 t

最大電流 150 000 A

トランス 1 000 kVA

最大面積 6 000 mm²

図 8 に示すような溶接ができる。圧縮力を同時にかけるので溶接機は Welding Press と呼ばれる。

1 回だけなら 5 000 kVA まで、50% 断続ならば 1 000 kVA まで使える。

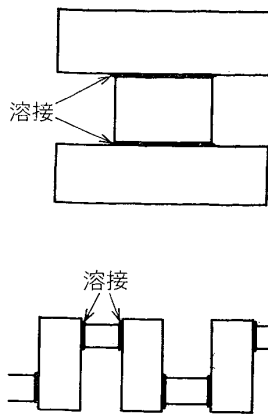


図 8 プロジクション溶接

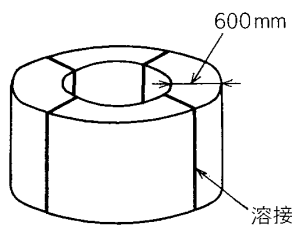


図 9

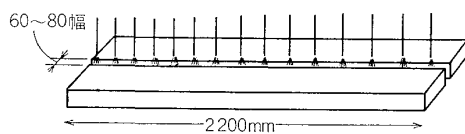


図 10

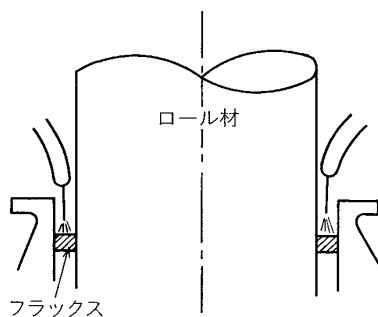


図 11

(7) エレクトロ・スラグ溶接超厚板の溶接ができる。

(図 9)

[例: 40V-600A]

ワイヤ 15 本を用いて 2m 長さを同時に溶接できる。

(図 10)

ロール材の Hard Facing を, ワイヤ 10 本をつかつて, 最大 1000mm ϕ 程度のものまでできる。見学したものは 400mm ϕ であつた。(図 11)

(8) プラズマによる Hard Facing (図 12)

チェコ製, 直流, 600A

デモンストレーションとして円板の肉盛を見せてくれ

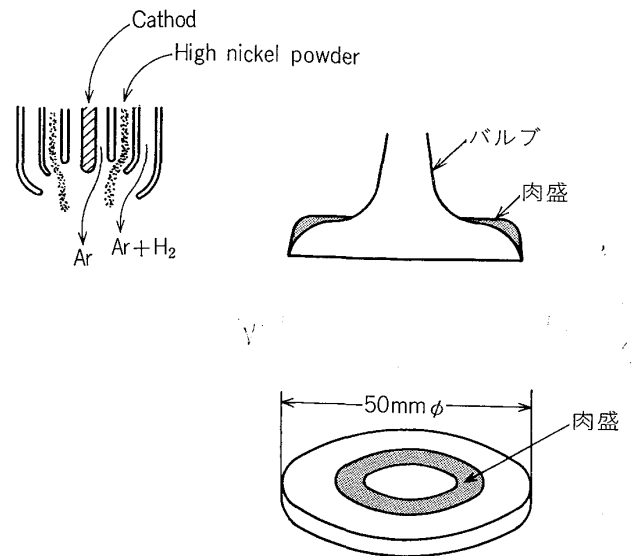


図 12 プラズマによる肉盛溶接

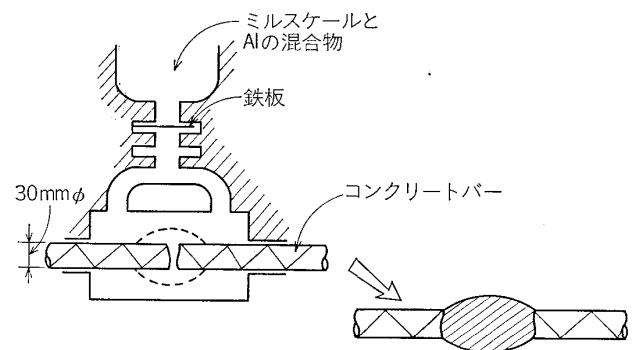


図 13 テルミット溶接

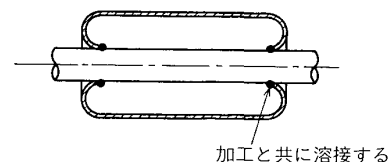


図 14

た。

(9) コンクリートバーの Al テルミット溶接

研究所の近くを流れるドナウ河には全長 ~200m に及ぶ造形的な橋がかかっているが, この橋の建設に本法が採用された。その使用状況が研究室の壁に写真で紹介されている。当日のデモンストレーションもセットから溶接完了まで, 約 3 min 間で終了し, 非常に簡単なものであつた。

(10) 溶接と加工との組み合わせ

溶接と変形加工とを組み合わせ、量生部品を製作する。(図 14)

(11) Electro Slag Remelting (ESR と略す)

ESR を行くと材料の加工性がよくなる。1例として 4000A 36~60V で ESR を行つた材料は, 普通材とを

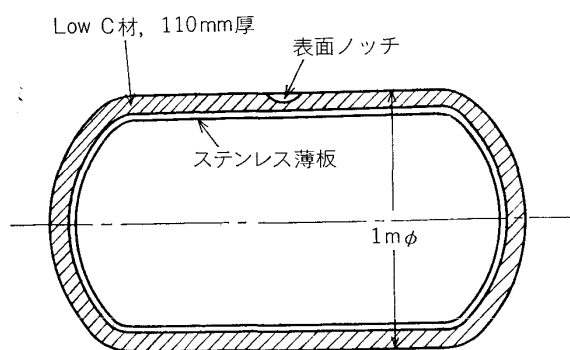


図 15 圧力容器試験体

くらべると、引き抜き成形などで肌割れの発生が格段に減少する。

(12) 溶接ワイヤー線引き機

8 mm ϕ から最終径へ線引きする。

(13) 溶接棒の Flux Coating Pilot Plant

ほとんど実用機に近い。需要の少ない棒は、ここで生産される。

(14) Flux 溶製のための電気炉

エレクトロ・スラグ (4種類)、サブマージ (7種類)、狭開先サブマージ、高合金に用いられる Flux の溶製を行う。チェコのフラックスの 90% はここで開発された。

(15) 材料試験室

12 t 静的引張試験機

60 t 疲労試験機 (Schenck 社製)

160 t 疲労試験機 (Schenck 社製)

30 t 引張試験機 (Trevel 社製)

(16) 耐圧試験ピット

大きさ: 5 m $\times$ 5 m $\times$ 5 m

圧力: 1 000 atm まで ($-50 \sim +70^\circ\text{C}$)

石油化学用、低 C 材 (Y. P. = 36 kg/mm², C : 0.18 ~ 0.20%, Mn : 1.3%, Si : 0.25 ~ 0.3%, V : 0.10 ~ 0.25%) で作成したタンクモデルの、 -30°C で 55 Mpa (552 kg/cm²) で Burst したものを見せてもらった。(図 15)

このモデルについては、3つの材料、3つの熱処理の条件について COD テストを併せて行い、強度の解析を行った。(川原正信)