

国際協力事業団

ポーランド共和国

経済省

ポーランド省エネルギー公社

ポーランド国  
省エネルギー計画マスタープラン調査  
最終報告書

Ⅲ 工場診断結果

1999年6月

LIBRARY



J1151178(9)

財団法人省エネルギーセンター  
財団法人日本エネルギー経済研究所

調査工

CR(5)

99-114(2/4)



国際協力事業団

ポーランド共和国

経済省

ポーランド省エネルギー公社

ポーランド国  
省エネルギー計画マスタープラン調査  
最終報告書

Ⅲ 工場診断結果

1999年6月

財団法人省エネルギーセンター  
財団法人日本エネルギー経済研究所



1151178(9)

### III 工場診断結果

## 目 次

#### 1. 鉄鋼業

##### 1.1 Huta Labeđy の調査結果

- 1.1.1 工場の概要
- 1.1.2 エネルギー消費の状況
- 1.1.3 エネルギー管理の状況
- 1.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

##### 1.2 Huta Ostrowiecの調査結果

- 1.2.1 工場の概要
- 1.2.2 エネルギー消費の状況
- 1.2.3 エネルギー管理の状況
- 1.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

##### 1.3 LACZNIKOW の調査結果

- 1.3.1 工場の概要
- 1.3.2 エネルギー消費の状況
- 1.3.3 エネルギー管理の状況
- 1.3.4 エネルギー使用上の問題点と対策

#### 2. 化学工業

##### 2.1 Blachownia の調査結果

- 2.1.1 工場の概要
- 2.1.2 エネルギー消費の状況
- 2.1.3 エネルギー管理の状況
- 2.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

##### 2.2 Poch の調査結果

- 2.2.1 工場の概要
- 2.2.2 エネルギー消費の状況
- 2.2.3 エネルギー管理の状況
- 2.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

## 2.3 BORUTAの調査結果

### 2.3.1 工場の概要

### 2.3.2 エネルギー消費の状況

### 2.3.3 エネルギー管理の状況

### 2.3.4 エネルギー使用上の問題点と対策

## 3. 機械工業

### 3.1 URSUS工場の調査結果

#### 3.1.1 工場の概要

#### 3.1.2 エネルギー消費の状況

#### 3.1.3 エネルギー管理の状況

#### 3.1.4 簡易診断による改善活動

#### 3.1.5 エネルギー使用上の問題点と対策

### 3.2 Starの調査結果

#### 3.2.1 工場の概要

#### 3.2.2 エネルギー消費の状況

#### 3.2.3 エネルギー管理の状況

#### 3.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

## 4. 窯業

### 4.1 Wolominの調査結果

#### 4.1.1 工場の概要

#### 4.1.2 エネルギー消費の状況

#### 4.1.3 エネルギー管理の状況

#### 4.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

### 4.2 Silikatyの調査結果

#### 4.2.1 工場の概要

#### 4.2.2 エネルギー消費の状況

#### 4.2.3 エネルギー管理の状況

#### 4.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

## 5. 食品工業

### 5.1 OLIVIT 工場の調査結果

- 5.1.1 工場の概要
- 5.1.2 エネルギー消費の状況
- 5.1.3 エネルギー管理の状況
- 5.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

### 5.2 KOSCIAN MEAT 工場の調査結果

- 5.2.1 工場の概要
- 5.2.2 エネルギー消費の状況
- 5.2.3 エネルギー管理の状況
- 5.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

### 5.3 LUBMEAT 工場の調査結果

- 5.3.1 工場の概要
- 5.3.2 エネルギー消費の状況
- 5.3.3 エネルギー管理の状況
- 5.3.4 エネルギー使用上の問題点と対策

### 5.4 Obrzanska Dairy 工場の調査結果

- 5.4.1 工場の概要
- 5.4.2 エネルギー消費の状況
- 5.4.3 エネルギー管理の状況
- 5.4.4 エネルギー使用上の問題点と対策

### 5.5 Przetworstwa Mleka MLECZ 工場の調査結果

- 5.5.1 工場の概要
- 5.5.2 エネルギー消費の状況
- 5.5.3 エネルギー管理の状況
- 5.5.4 エネルギー使用上の問題点と対策

## 6. エネルギー消費機器におけるエネルギー消費の現状

### 6.1 照明

### 6.2 エアコンプレッサ

### 6.3 電動機

### 6.4 変圧器

6.5 工場暖房

6.6 ボイラ

6.7 加熱炉

7. 添付資料



## List of Tables

Table 1.1.1	Major Equipment
Table 1.1.2	Energy Price and Heat Value
Table 1.1.3	Components of Reheating Furnace Fuel Gas
Table 1.1.4	Trend of Production
Table 1.1.5	Trend of Energy Consumption
Table 1.1.6	Trend of Energy Consumption and Energy Intensity (A)
Table 1.1.7	Trend of Energy Consumption and Energy Intensity (B)
Table 1.1.8	Trend of OHF Energy Intensity
Table 1.1.9	Comparison of Energy Intensity
Table 1.1.10	Energy Consumption by Process
Table 1.1.11	Comparison of Energy Intensity of Middle Section Mill in 1996
Table 1.1.12	Fuel Reduction Effect by Air Ratio Control (Shape steel reheating furnace)
Table 1.1.13	Comparison of Energy Intensity of Plate Mill
Table 1.1.14	Rolling Time of Steel Plate Mill
Table 1.1.15	Fuel Reduction Effect by Air Ratio Control (Steel plate reheating furnace)
Table 1.1.16	Relationship between Rolling Productivity and Electricity Intensity
Table 1.1.17	Outline of the Hot Water Boiler
Table 1.1.18	Heat Radiation from Valves in the Auxiliary Machinery Room for Hot Water Boilers
Table 1.1.19	Net Energy Consumption in Energy System
Table 1.1.20	Transformer Energy Loss
Table 1.1.21	Result of Current Measurement
Table 1.1.22	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 1.1.23	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 1.1.24	Summary of Energy Conservation Potential
Table 1.2.1	Major Equipment
Table 1.2.2	Energy Price and Heat Value
Table 1.2.3	Trend of Production
Table 1.2.4	Trend of Energy Consumption
Table 1.2.5	Trend of Energy Consumption and Energy Intensity
Table 1.2.6	Comparison of Energy Intensity
Table 1.2.7	Energy Consumption by Process
Table 1.2.8	Comparison of Energy Intensity with Steel-making Plant in 1996

Table 1.2.9	Comparison of Energy Intensity of Electric Arc Furnace (EAF) and Ladle Furnace (LF)
Table 1.2.10	Effect of the Alternative Energy on Electricity Conservation
Table 1.2.11	Relationship between Tap-to-Tap Time and Electricity Intensity
Table 1.2.12	Comparison of Energy Intensity in the Rolling Mill
Table 1.2.13	Comparison of Products
Table 1.2.14	Effect of Air Ratio Improvement of the Secondary Reheating Furnace
Table 1.2.15	Specifications of Secondary Reheating Furnace
Table 1.2.16	Air Ratio Improvement Effect of No. 18 Heating Furnace
Table 1.2.17	Exhaust Gas Measurement before the Recuperator
Table 1.2.18	Fuel Gas Components
Table 1.2.19	Specifications of No. 18 Heating Furnace
Table 1.2.20	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 1.2.21	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 1.2.22	Summary of Energy Conservation Potential
Table 1.3.1	Major Equipment
Table 1.3.2	Energy Price and Heat Value
Table 1.3.3	Trend of Production
Table 1.3.4	Trend of Energy Consumption
Table 1.3.5	Trend of Energy Intensity
Table 1.3.6	Comparison of Energy Intensity
Table 1.3.7	Energy Consumption by Process
Table 1.3.8	Comparison of Cupola Coke Ratio
Table 1.3.9	Comparison of Cupola Operation Index
Table 1.3.10	Comparison of Melting Process Energy Cost
Table 1.3.11	Measuring Data of Heat Treatment Furnace
Table 1.3.12	Estimation of Theoretical Energy Intensity on Measuring Data
Table 1.3.13	Electricity Intensity vs Productivity (in case of Radiation Loss of 139 kWh/h)
Table 1.3.14	Electricity Intensity vs Productivity (in case of Radiation Loss of 144 kWh/h)
Table 1.3.15	Electricity Intensity of Heat Treatment Furnace in 1997
Table 1.3.16	Energy Conservation Potential Relating to Yield
Table 1.3.17	Measured Values
Table 1.3.18	Combustion Calculation
Table 1.3.19	Heat Emission from Bare Valve Surface
Table 1.3.20	Air Leakage Assumption

Table 1.3.21	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 1.3.22	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 1.3.23	Summary of Energy Conservation Potential
Table 2.1.1	Major Equipment
Table 2.1.2	Energy Price and Heat Value
Table 2.1.3	Trend of Production and Preparations
Table 2.1.4	Trend of Energy Consumption
Table 2.1.5	Trend of Energy Intensity
Table 2.1.6	Comparison of Energy Intensity in Tar Distillation Process (1)
Table 2.1.7	Comparison of Energy Intensity in Tar Distillation Process (2)
Table 2.1.8	Measurement of Exhaust Gas from Tar Pipe Still
Table 2.1.9	Fuel Saving Effect by Air Ratio Control
Table 2.1.10	Fuel Gas Composition of Tar Pipe Still
Table 2.1.11	Tar Pipe Still and Heat Radiation
Table 2.1.12	Comparison of Energy Intensity in Benzene Distillation (1)
Table 2.1.13	Comparison of Energy Intensity in Benzene Distillation (2)
Table 2.1.14	Comparison of Energy Intensity in Ethylbenzene Synthesis (1)
Table 2.1.15	Comparison of Energy Intensity in Ethylbenzene Synthesis (2)
Table 2.1.16	Comparison of Energy Intensity in Polyethylene Polymerization
Table 2.1.17	Facility Capacity and Power Consumption
Table 2.1.18	Reduction in Electricity Consumption as a Result of Decreasing the Capacity of Distributing Transformer
Table 2.1.19	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 2.1.20	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 2.1.21	Summary of Energy Conservation Potential
Table 2.2.1	Major Equipment
Table 2.2.2	Energy Price and Heat Value
Table 2.2.3	Trend of Production
Table 2.2.4	Trend of Energy Consumption
Table 2.2.5	Trend of Energy Intensity
Table 2.2.6	Mean Values in Boiler Exhaust Gas Measurement
Table 2.2.7	Fuel Reduction Effect of Air Ratio Control
Table 2.2.8	Composition of Fuel Coal
Table 2.2.9	Boiler Specification (Design value)
Table 2.2.10	Heat Radiation Amount

Table 2.2.11	Transformer Capacity Reduction and Changes in Loss
Table 2.2.12	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 2.2.13	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 2.2.14	Summary of Energy Conservation Potential
Table 2.3.1	Major Equipment
Table 2.3.2	Energy Price and Heat Value
Table 2.3.3	Production of Reactive Dye stuff Factory in 1997
Table 2.3.4	Production of Boruta Factory in 1997
Table 2.3.5	Energy Consumpton of Reactive Dye stuff Factory in 1997
Table 2.3.6	Monthly Production and Steam Consumption of Reactive Dye stuff Factory in 1997
Table 2.3.7	Energy Consumption of Boruta Factory in 1997
Table 2.3.8	Energy Intensity of Reactive Dye stuff Factory in 1997
Table 2.3.9	Comparison of Energy Intensity in Reactive Dye stuff Production Process
Table 2.3.10	Comparison of Production Cost Ratio
Table 2.3.11	Heat Balance in Air Preheater
Table 2.3.12	Steam Line Pressure Loss Study
Table 2.3.13	Steam Main Line Heat Emission Loss
Table 2.3.14	Air Leakage Study
Table 2.3.15	Heat Emission from Openings and Windows
Table 2.3.16	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 2.3.17	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 2.3.18	Summary of Energy Conservation Potential
Table 3.1.1	Major Types of Equipment
Table 3.1.2	Energy Price and Heat Value
Table 3.1.3	Trend of Energy Consumption
Table 3.1.4	Comparison of Energy Intensity
Table 3.1.5	Measurement of Exhaust Gas from Material Heating Furnace
Table 3.1.6	Exhaust Gas Measurement in the Flue of the Material Heating Furnace
Table 3.1.7	Air Leakage Assumption
Table 3.1.8	Comparison of Energy Consumption by Melting Furnaces
Table 3.1.9	Steam Boiler: Facilities and Operation
Table 3.1.10	Hot Water Boiler: Facilitites and Operation
Table 3.1.11	Combustion Calculation
Table 3.1.12	Components of Boiler Coal

Table 3.1.13	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 3.1.14	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 3.1.15	Summary of Energy Conservation Potential
Table 3.2.1	Major Equipment
Table 3.2.2	Energy Price and Heat Value
Table 3.2.3	Trend of Truck Production
Table 3.2.4	Trend of Energy Consumption
Table 3.2.5	Trend of Energy Intensity
Table 3.2.6	Comparison of Energy Intensity
Table 3.2.7	Fuel Reduction by Air Ratio Adjustment
Table 3.2.8	Specifications of Hot Water Boiler
Table 3.2.9	Gas Burning Paint Drying Furnace (for Chassis Painting Shop)
Table 3.2.10	Electricity Consumption by Reducing Transformer Capacity
Table 3.2.11	Measurement Data of Major Load
Table 3.2.12	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 3.2.13	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 3.2.14	Summary of Energy Conservation Potential
Table 4.1.1	Major Equipment
Table 4.1.2	Energy Price and Heat Value in 1997 and 1998
Table 4.1.3	Trend of Production
Table 4.1.4	Trend of Energy Consumption
Table 4.1.5	Trend of Energy Intensity
Table 4.1.6	Energy Intensity of Each Furnace in 1996 and 1997
Table 4.1.7	Comparison of Energy Intensity in 1996 and 1997
Table 4.1.8	Summary Heat Balance T-7, T-5
Table 4.1.9	Measurement of the Exhaust Gas from the Glass Melting Furnace (Exhaust gas at the inlet of the regenerator)
Table 4.1.10	Air Ratio Adjustment Effect for the Glass Melting Furnace
Table 4.1.11	Composition of Fuel Gas
Table 4.1.12	Exhaust Gas Measurement of T7 Furnace by Ports
Table 4.1.13	Air Ratio Improvement for T7 Furnace
Table 4.1.14	Combustion Calculation for T5 Furnace
Table 4.1.15	Heat Radiation from the Regenerator Side Surface of the Melting Furnace
Table 4.1.16	Trial Calculation of Rise of Air Preheating Temperature (T-7 Furnace)
Table 4.1.17	Trend of Operating Hours and Difference of Energy Intensity by Operation Rate

Table 4.1.18	Difference of Energy Intensity by Operation Rate in 1997
Table 4.1.19	Measurements Data of Major Load in 1998
Table 4.1.20	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 4.1.21	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 4.1.22	Summary of Energy Conservation Potential
Table 4.1.23	Summary of Energy Conservation Potential
Table 4.2.1	Major Equipment
Table 4.2.2	Energy Price and Heat Value
Table 4.2.3	Trend of Production
Table 4.2.4	Trend of Energy Consumption
Table 4.2.5	Trend of Energy Intensity
Table 4.2.6	Monthly Production and Energy Consumption in 1996
Table 4.2.7	Basic Data and Energy Intensity by Season in 1996
Table 4.2.8	Comparison of Energy Intensity
Table 4.2.9	Comparison of Raw Material and Product
Table 4.2.10	Comparison of Production Process
Table 4.2.11	Steam Heat Value by Gauge Pressure
Table 4.2.12	Heat Value for Heating One Autoclave
Table 4.2.13	Steam Catchable Heat Intensity per Product
Table 4.2.14	Boiler Design Specifications
Table 4.2.15	Average, Maximum and Minimum of Exhaust Gas Oxygen/Exhaust Gas Temperature
Table 4.2.16	Fuel Reduction Effect by Air Adjustment
Table 4.2.17	Composition of Fuel Coal
Table 4.2.18	Assumed No. of Valves Installed
Table 4.2.19	Calculation of Heat Radiation from the Valve
Table 4.2.20	Measurement Data of Major Load
Table 4.2.21	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 4.2.22	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 4.2.23	Summary of Energy Conservation Potential
Table 5.1.1	Major Equipment
Table 5.1.2	Energy Price and Heat Value
Table 5.1.3	Trend of Production
Table 5.1.4	Trend of Energy Consumption
Table 5.1.5	Trend of Energy Intensity

Table 5.1.6	Comparison of Energy Intensity
Table 5.1.7	Steam Balance
Table 5.1.8	Monthly Energy Consumption and Production in 1996
Table 5.1.9	Comparison of Steam Intensity by Season
Table 5.1.10	De Smet Boiler Combustion Calculation
Table 5.1.11	Boiler Specification for De Smet
Table 5.1.12	Heat Radiation from Valves not Provided with Heat Insulation
Table 5.1.13	Heat Radiation from Hydrogenation Unit Autoclave Surface
Table 5.1.14	An Example of Measurement with a Steam Trap Checker
Table 5.1.15	Measurement Data of Major Load
Table 5.1.16	Theoretically Required Electricity for Various Refrigerants and Chilling Cycles
Table 5.1.17	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 5.1.18	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 5.1.19	Summary of Energy Conservation Potential
Table 5.2.1	Major Equipement
Table 5.2.2	Energy Price and Heat Value
Table 5.2.3	Trend of Production
Table 5.2.4	Trend of Energy Consumption
Table 5.2.5	Trend of Energy Intensity
Table 5.2.6	Comparison of Energy Intensity
Table 5.2.7	Data of Excellent Factory
Table 5.2.8	Production and Sales
Table 5.2.9	Combustion Calculation
Table 5.2.10	Boiler Design Values
Table 5.2.11	Calculation of Heat Radiation (Valves)
Table 5.2.12	Calculation of Heat Radiation from the Hot Water Tank Surface
Table 5.2.13	Changes in the Power Loss as a Result of Replacing the Motor
Table 5.2.14	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 5.2.15	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 5.2.16	Summary of Energy Conservation Potential
Table 5.3.1	Major Equipment
Table 5.3.2	Energy Price and Heat Value
Table 5.3.3	Trend of Production
Table 5.3.4	Trend of Energy Consumption
Table 5.3.5	Monthly Energy Consumption

Table 5.3.6	Trend of Energy Intensity
Table 5.3.7	Comparison of Energy Intensity
Table 5.3.8	Data of Excellent Factory
Table 5.3.9	Breakdown of Production and Sales Amount
Table 5.3.10	Boiler Exhaust Gas Measurement Results
Table 5.3.11	Boiler Combustion Calculation (No. 1 Boiler)
Table 5.3.12	Fuel Reduction Effect of Air Ratio Adjustment
Table 5.3.13	Fuel Coal Composition
Table 5.3.14	Boiler Equipment
Table 5.3.15	Heat Loss from Non-insulated Valves
Table 5.3.16	Temperature of Cooling Water Tower
Table 5.3.17	Transformer Capacity Reduction and Loss Changes
Table 5.3.18	Measurement Data of Major Load
Table 5.3.19	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 5.3.20	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 5.3.21	Summary of Energy Conservation Potential
Table 5.4.1	Major Equipment
Table 5.4.2	Energy Price and Heat Value
Table 5.4.3	Trend of Production
Table 5.4.4	Trend of Energy Consumption
Table 5.4.5	Trend of Energy Intensity
Table 5.4.6	Comparison of Energy Intensity
Table 5.4.7	Monthly Energy Consumption
Table 5.4.8	Comparison of Steam Consumption in Pasteurization Process
Table 5.4.9	Air Ratio Obtained by Exhaust Gas Measurement
Table 5.4.10	Boiler Coal Composition
Table 5.4.11	Steam Boiler
Table 5.4.12	Calculation of Heat Radiation
Table 5.4.13	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 5.4.14	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 5.4.15	Summary of Energy Conservation Potential
Table 5.5.1	Major Equipment
Table 5.5.2	Energy Price and Heat Value
Table 5.5.3	Trend of Production (t/y)
Table 5.5.4	Trend of Production Ratio of Main Product



Table 5.5.5	Trend of Energy Consumption
Table 5.5.6	Trend of Energy Intensity
Table 5.5.7	Comparison of Energy Intensity
Table 5.5.8	Analysis of Powder Milk
Table 5.5.9	Ratio of Service Water and Waste Water Amount
Table 5.5.10	Boiler Equipment and Operating Condition
Table 5.5.11	Average, Maximum and Minimum of Measured Data
Table 5.5.12	Combustion Calculation before Air Heater
Table 5.5.13	Pressure Loss Calculation Sheet
Table 5.5.14	Measurement Data of Major Load
Table 5.5.15	Emission Improvement by Energy Conservation Measures
Table 5.5.16	Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction
Table 5.5.17	Summary of Energy Conservation Potential
Table 6.1	Energy Conservation Potential of Lighting Equipment
Table 6.2	Energy Conservation Potential of Air Compressor
Table 6.3	Energy Conservation Potential of Motor
Table 6.4	Energy Conservation Potential of Transformer
Table 6.5	Energy Conservation Ratio of Space Heating in Factories
Table 6.6	Energy Conservation Potential of Heating Furnace
Table 6.7	Energy Conservation Potential of Boiler

## List of Figures

- Figure 1.1.1 Process Flow
- Figure 1.1.2 Plant Layout
- Figure 1.1.3 One Line Diagram
- Figure 1.1.4 Energy Flow
- Figure 1.1.5 Thermal Image of Inspection Hole of Reheating Furnace
- Figure 1.1.6 Exhaust Gas Measurement of Shape Steel Rolling Mill Furnace (Measured at the air preheater gas inlet)
- Figure 1.1.7 Exhaust Gas Measurement of Plate Steel Rolling Mill Furnace (Measured at the air preheater gas inlet)
- Figure 1.1.8 Thermal Image of the Non-insulated Valve (Boiler auxiliary equipment room)
- Figure 1.1.9 Labedy Energy Conservation Potential
- Figure 1.1.10 Labedy Energy Conservation Potential
- Figure 1.2.1 Process Flow
- Figure 1.2.2 Plant Layout
- Figure 1.2.3 One Line Diagram
- Figure 1.2.4 Energy Flow
- Figure 1.2.5 Layout of Water Cooled Lance Equipment
- Figure 1.2.6 Exhaust Gas Measurement of the Secondary Reheating Furnace
- Figure 1.2.7 Exhaust Gas Measurement of No. 18 Heating Furnace
- Figure 1.2.8 Thermal Image of the Side Surface of Inspection Hole of the Secondary Reheating Furnace in Rolling Mill
- Figure 1.2.9 Thermal Image of the Recuperator Outer Wall of the Forging Heating Furnace
- Figure 1.2.10 Ostrowiec Energy Conservation Potential
- Figure 1.2.11 Ostrowiec Energy Conservation Potential
- Figure 1.3.1 Process Flow
- Figure 1.3.2 Plant Layout
- Figure 1.3.3 Electricity One Line Diagram
- Figure 1.3.4 Energy Flow
- Figure 1.3.5 Coke Ratio vs Tapping Temperature
- Figure 1.3.6 Difference of Coke Ratio between Lacznikow and Excellent Factory
- Figure 1.3.7 Flow Diagram of Coke Breeze Injection System
- Figure 1.3.8 Energy Conservation Potential in Heat Treatment Furnace
- Figure 1.3.9 Infrared Thermal Range of No. 6 Heat Treatment Furnace

Figure 1.3.10 Heat Balance of Zinc Coating Process  
 Figure 1.3.11 Boiler House Layout  
 Figure 1.3.12 Water Boiler Exhaust Gas/Lacznikow, 19-October/1998  
 Figure 1.3.13 Oxygen Spot Measuring Under Stoker Feed Speed Adjusting  
 Figure 1.3.14 Thermal Image of the Packaged Hot Water Boiler Safety Valve  
 Figure 1.3.15 Lacznikow Receiving Power (1 Week)  
 Figure 1.3.16 Compressed Air Main Line  
 Figure 1.3.17 Air Pressure Chart at Casting Shop  
 Figure 1.3.18 Air Leakage by Pressure  
 Figure 1.3.19 Power Consumption of Compressors  
 Figure 1.3.20 Power Consumption and Air Pressure  
 Figure 1.3.21 Compressed Air Line in Air Compressor Room  
 Figure 1.3.22 Lacznikow Compressed Air Pressure  
 Figure 1.3.23 Power Consumption of Compressor Cooling Pumps  
 Figure 1.3.24 Power Consumption of Cupola Blower  
 Figure 1.3.25 Power Consumption of Cupola Cooling Pump  
 Figure 1.3.26 Lacznikow Energy Conservation Potential  
 Figure 1.3.27 Lacznikow Energy Conservation Potential  
 Figure 2.1.1 Main Process Flow  
 Figure 2.1.2 Plant Layout  
 Figure 2.1.3 One Line diagram  
 Figure 2.1.4 Energy Flow  
 Figure 2.1.5 An Example of Material Balance and Fractional Distillation in the Tar  
 Distillation Process  
 Figure 2.1.6 Thermal Image of the Flange Section  
 Figure 2.1.7 Measurement of Exhaust Gas from Tar Pipe Still  
 Figure 2.1.8 Material Balance in Benzene Distillation  
 Figure 2.1.9 Flow Sheet of Ethylbenzene Synthesis  
 Figure 2.1.10 Heat Exchanger in Benzene Distillation  
 Figure 2.1.11 Record of Power Consumption  
 Figure 2.1.12 Brachownia Energy Conservation Potential  
 Figure 2.1.13 Brachownia Energy Conservation Potential  
 Figure 2.2.1 Typical Process Flow  
 Figure 2.2.2 Plant Layout  
 Figure 2.2.3 One Line Diagram

- Figure 2.2.4 Energy Flow
- Figure 2.2.5 Measurement Results of the Boiler Exhaust Gas (After the economizer)
- Figure 2.2.6 Exhaust Gas Oxygen Content and CO<sub>2</sub>
- Figure 2.2.7 Thermal Image of the Non-insulated Valve (Main steam header in the boiler auxiliary machinery room)
- Figure 2.2.8 POCH Energy Conservation Potential
- Figure 2.2.9 POCH Energy Conservation Potential
- Figure 2.3.1 Main Process Flow (Reactive Dyestuff Factory)
- Figure 2.3.2 Plant Layout
- Figure 2.3.3 One Line Diagram
- Figure 2.3.4 Energy Flow
- Figure 2.3.5 Spray Dryer Flowsheet
- Figure 2.3.6 Steam for Dryer No. 863
- Figure 2.3.7 Air Preheater with Condensate Heat
- Figure 2.3.8 Thermal Image of the Uninsulated Steam Pipe
- Figure 2.3.9 Air Leakage Test
- Figure 2.3.10 Air Leakage by Pressure
- Figure 2.3.11 Coefficient of Temperature
- Figure 2.3.12 Heating Steam by Temperature
- Figure 2.3.13 Heat Loss through Window and Heat Requirement by Cold Air Invasion
- Figure 2.3.14 Thermal Image of the Reactive Dye Factory Window Glass
- Figure 2.3.15 Thermal Image of the Single Window Glass and Double Honeycomb Plastic Window
- Figure 2.3.16 Power Consumption of Reactive Dyestuff Shop
- Figure 2.3.17 Power Consumption & Air Volume of Compressor
- Figure 2.3.18 Power Consumption of Refrigerator #2
- Figure 2.3.19 Power Consumption of Refrigerator #6
- Figure 2.3.20 Boruta Energy Conservation Potential
- Figure 2.3.21 Boruta Energy Conservation Potential
- Figure 3.1.1 Trend of Production
- Figure 3.1.2 Process Flow
- Figure 3.1.3 Plant Layout
- Figure 3.1.4 One Line Diagram
- Figure 3.1.5 Trend of Tractor Production (Units/y)
- Figure 3.1.6 Energy Consumption by Process in 1997

Figure 3.1.7 Trend of Energy Intensity (GJ/Tractor)

Figure 3.1.8 Energy Flow

Figure 3.1.9 Energy Consumption at Tool Shop (1998)

Figure 3.1.10 Electricity Consumption for Engine

Figure 3.1.11 Electricity Intensity for Engine

Figure 3.1.12 Electricity Consumption by Compressor

Figure 3.1.13 Cupola Operation Type on a Weekly Basis

Figure 3.1.14 Pouring Molten Metal

Figure 3.1.15 Trend of Heating Energy Consumption

Figure 3.1.16 Heating Energy Ratio by Resource

Figure 3.1.17 Air Supply for Forging Plant

Figure 3.1.18 Air Pressure, Forging Plant Cool Air Line

Figure 3.1.19 Air Leakage by Pressure Cool Air Line, Machine Valve Closed, October 2nd

Figure 3.1.20 Energy Consumption by Machine (kW)

Figure 3.1.21 Layout and Measured Points for Boiler Exhaust Gas

Figure 3.1.22 Exhaust Gas, Steam Boiler No. 4

Figure 3.1.23 Exhaust Gas, Water Boiler No. 5

Figure 3.1.24 Thermal Image of the Steam Boiler Side Wall

Figure 3.1.25 Room Temperature Distribution Measurement

Figure 3.1.26 Room Temperature Distribution without Space Heating

Figure 3.1.27 URSUS Daily Power Consumption (January '98)

Figure 3.1.28 URSUS Daily Power Consumption (September '98)

Figure 3.1.29 Purchased Power Daily Load Curve (Winter, January)

Figure 3.1.30 Purchased Power Daily Load Curve (Summer, September)

Figure 3.1.31 Power Consumption of #278 Pump System

Figure 3.1.32 Power Consumption of #279 Pump System

Figure 3.1.33 URSUS Energy Conservation Potential

Figure 3.1.34 URSUS Energy Conservation Potential

Figure 3.2.1 Process Flow

Figure 3.2.2 Plant Layout

Figure 3.2.3 One Line Diagram

Figure 3.2.4 Energy Consumption by Process in 1996

Figure 3.2.5 Energy Flow

Figure 3.2.6 Monthly Trend of Energy Consumption

Figure 3.2.7 Energy Consumption in 1996

Figure 3.2.8 Structure of a Drying Furnace  
 Figure 3.2.9 Measurement of Hot Water Boiler Exhaust Gas  
 Figure 3.2.10 Exhaust Gas Oxygen Content of Bugaj Boilers  
 Figure 3.2.11 Changes in Receiving Power  
 Figure 3.2.12 STAR Energy Conservation Potential  
 Figure 3.2.13 STAR Energy Conservation Potential  
 Figure 4.1.1 Process Flow  
 Figure 4.1.2 Plant Layout  
 Figure 4.1.3 One Line Diagram  
 Figure 4.1.4 Energy Flow  
 Figure 4.1.5 Melting Load vs. Molten Glass  
 Figure 4.1.6 Melting Energy Intensity vs. Molten Glass  
 Figure 4.1.7 Exhaust Gas Measurement at Melting Furnace in Bottle Plant  
 Figure 4.1.8 Glass Furnace Exhaust Gas  
 Figure 4.1.9 Recuperator for T5 Furnace  
 Figure 4.1.10 Glass Furnace Exhaust Gas  
 Figure 4.1.11 Thermal Image of the T-5 Furnace Flue Gas Duct  
 Figure 4.1.12 Thermal Image of T-7 Furnace Regenerator Wall Surface  
 Figure 4.1.13 New Dimension of T-7 Furnace  
 Figure 4.1.14 Melting Energy Intensity of Electric Melting Tank Furnace  
 Figure 4.1.15 Side Electrode Rod Type (Staneck)  
 Figure 4.1.16 Types of Electric Melting Tank Furnaces  
 Figure 4.1.17 Fuel Save Rate by Oxygen Combustion  
 Figure 4.1.18 Monthly Data of Product Yield at Each Furnace in 1996 and 1997  
 Figure 4.1.19 Trend of Melting Energy of Each Furnace by Energy Conservation Step  
 Figure 4.1.20 Daily Load Curve of Factory  
 Figure 4.1.21 Wolomin Factory-A Energy Conservation Potential  
 Figure 4.1.22 Wolomin Factory-A Energy Conservation Potential  
 Figure 4.1.23 Wolomin Factory-B Energy Conservation Potential  
 Figure 4.1.24 Wolomin Factory-B Energy Conservation Potential  
 Figure 4.2.1 Process Flow  
 Figure 4.2.2 Plant Layout  
 Figure 4.2.3 One Line Diagram  
 Figure 4.2.4 Energy Flow Chart  
 Figure 4.2.5 Heat Pattern of No. 2 Autoclave

Figure 4.2.6 Operation Progress of Autoclave

Figure 4.2.7 Steam Consumption vs. Pressure-up Time in Several Cases of Heat Loss from Surface

Figure 4.2.8 Temperature-drop Curve after Steam is Stopped

Figure 4.2.9 Autoclave Holding Time vs. Pressure

Figure 4.2.10 Autoclave Operation Pattern and Improvement Plan (Case of "hold" = 0.16 t/h each)

Figure 4.2.11 Autoclave Heat Pattern

Figure 4.2.12 Heat Balance of Autoclave (one cycle)

Figure 4.2.13 Measurement of No.1 Boiler Exhaust Gas

Figure 4.2.14 Autoclave Surface Temperature

Figure 4.2.15 Thermal Image of Steam Header

Figure 4.1.16 Receiving Power Demand (30 min.)

Figure 4.2.17 SILIKATY Energy Conservation Potential

Figure 4.2.18 SILIKATY Energy Conservation Potential

Figure 5.1.1 Process Flow

Figure 5.1.2 Plant Layout

Figure 5.1.3 One Line Diagram

Figure 5.1.4 Trend of Production and Steam Intensity

Figure 5.1.5 Energy Flow

Figure 5.1.6 Temperature Reference for the Oil Refining Process

Figure 5.1.7 Vapor Pressure of Organic Compounds (Esters)

Figure 5.1.8 Hydrogenation Cycle Pattern

Figure 5.1.9 Measurement of Exhaust Gas from the Boiler for De smet

Figure 5.1.10 Infrared Thermal Image of the Autoclave No. 2 Upper Part

Figure 5.1.11 Operation Record of Electricity Power Consumption

Figure 5.1.12 Energy Saving Effect of Variable Speed Control of Tube Chiller

Figure 5.1.13 OLVIT Energy Conservation Potential

Figure 5.1.14 OLVIT Energy Conservation Potential

Figure 5.2.1 Process Flow

Figure 5.2.2 Plant Layout

Figure 5.2.3 One Line Diagram

Figure 5.2.4 Trend of Production and Total Energy Intensity

Figure 5.2.5 Energy Flow

Figure 5.2.6 Measurement of Boiler (No. 2) Exhaust Gas

- Figure 5.2.7 Infrared Thermal Image of the Steam Header
- Figure 5.2.8 KOSCIAN MEAT Energy Conservation Potential
- Figure 5.2.9 KOSCIAN MEAT Energy Conservation potential
- Figure 5.3.1 Process Flow
- Figure 5.3.2 Plant Layout
- Figure 5.3.3 One Line Diagram
- Figure 5.3.4 Trend of Production and Total Energy Intensity
- Figure 5.3.5 Energy Flow
- Figure 5.3.6 Measurement of Boiler Exhaust Gas
- Figure 5.3.7 Thermal Image of Cooling Water Heat Exchanger (Cooling Water Producing System)
- Figure 5.3.8 Operation Record of Electricity Power Consumption
- Figure 5.3.9 LUBMEAT Energy Conservation Potential
- Figure 5.3.10 LUBMEAT Energy Conservation Potential
- Figure 5.4.1 Process Flow
- Figure 5.4.2 Plant Layout
- Figure 5.4.3 One Line Diagram
- Figure 5.4.4 Trend of Production and Total Energy Intensity
- Figure 5.4.5 Steam Balance
- Figure 5.4.6 Room Temperature Distribution
- Figure 5.4.7 Boiler (No. 2) Exhaust Gas Measurement
- Figure 5.4.8 No. 2 Boiler Exhaust Gas
- Figure 5.4.9 Infrared Thermal Image of the Steam Header
- Figure 5.4.10 Operation Record of Electricity Power Consumption
- Figure 5.4.11 Obzrzanska Energy Conservation Potential
- Figure 5.4.12 Obrzanska Energy Conservation Potential
- Figure 5.5.1 Process Flow
- Figure 5.5.2 Pasteurization Flow of Milk
- Figure 5.5.3 Plant Layout
- Figure 5.5.4 One Line Diagram
- Figure 5.5.5 Production & Intensity
- Figure 5.5.6 Fuel Energy Flow
- Figure 5.5.7 Electricity Energy Flow
- Figure 5.5.8 Electricity Consumption by User
- Figure 5.5.9 Heat Emission & Surface Temperature



- Figure 5.5.10 Thermal Image of the Spray Dryer Steam Valve
- Figure 5.5.11 Thermal Image of the Spray Dryer Lower Part Edge
- Figure 5.5.12 Material Balance in Evaporation and Drying Process
- Figure 5.5.13 Measuring Point of Spray Dryer
- Figure 5.5.14 Flowsheet of CIP Unit
- Figure 5.5.15 Exhaust Gas Oxygen & Temperature
- Figure 5.5.16 MLECZ Heat Emission in Boiler House
- Figure 5.5.17 Steam Piping System
- Figure 5.5.18 Steam Pipe Pressure Drop (D – 50 mm)
- Figure 5.5.19 Steam Pipe Pressure Drop (D – 150 mm)
- Figure 5.5.20 Co-generation System Flow
- Figure 5.5.21 MLECZ Energy Conservation Potetial
- Figure 5.5.22 MLECZ Energy Conservation Potetial

## [用語の定義]

### 1. Excellent factory :

日本および先進工業国の同業種同規模の工場で、エネルギー消費原単位が平均以上に良好な工場を意味する。

### 2. エネルギー価格 :

各工場の Table “Summary of Energy Conservation Potential”における石炭、コークス、天然ガスおよび電力の価格は、Volume II Table3.5 の価格シナリオから、1998 年から 2005 年の平均値を採用し、下記の数値とした。

石 炭 : 0.170 PLN/kg  
コークス : 0.400 PLN/kg  
天然ガス : 0.514 PLN/m<sup>3</sup><sub>N</sub>  
電 力 : 0.172 PLN/kWh

### 3. 各工場の Energy Conservation Potential のグラフに示す省エネルギーポテンシャルの内訳 :

- (1) 0 step : 現地調査時点で、既の実施または計画している省エネルギー対策で、前年度データに含まれないものを示す。
- (2) 1st step : 操業保守管理強化が主体であり、計器をつけるなどの僅かな投資の省エネルギー対策。
- (3) 2nd step : 設備改善などによる多額でない投資の省エネルギー対策。
- (4) 3rd step : プロセス改善などによる省エネルギー対策で、多額の投資を必要とする。
- (5) Others : 工場調査において定量化できなかった項目であり、主として稼働率（休止時間、故障時間、整備時間）等によるものと考えられる。
- (6) External : 気温差による放熱損失差、製造プロセスの差によるエネルギー原単位差などの外部要因。
- (7) Space heating : 工場の建築物内部の暖房エネルギーで、温暖な地域に位置する日本および先進工業国の工場では発生しないもの。

### 4. 投資金額と投資回収期間 :

投資金額は、日本の設備費、工事費を 1PLN=30 円で換算したものである。  
投資回収期間は、単純投資回収期間法、すなわち、「投資金額/年間利益」である。

### III 工場診断結果

## 1. 鉄鋼業の調査結果

## 1. 鉄鋼業

### 1.1 Huta Labedy の調査結果

(1) 調査期間 1997年7月25、28、29日

#### (2) 調査員

##### a. JICA チーム

福島 演雄	: 総括、熱管理技術
丸山 征一郎	: プロセス管理技術
小西 二郎	: 熱管理技術
白井 千雄	: 電気管理技術
野沢 定雄	: 電気管理技術
小山田 明弘	: 測定技術

##### b. Local consultants

POLESCO Investment SA

Dr. Piotr Bortnowski	: Vice President
Dr. Tadeusz Kruczek	: Heat management
Dr. Marcin Szega	: Heat management
Dr. Joachim Bargiel	: Electricity management

#### (3) 面接者

M. Sc. Eng. Wilhelm Stanisław Kirsz	: Director of the Steel Plant
M. Sc. Eng. Jeizy Sitek	: Director of Production in the Plant
M. Sc. Eng. Jacek Malanowics	: Chief of Energy-machine Department
M. Sc. Eng. Jerzy Gajecki	: Head of Universal Rolling Mill
M. Sc. Eng. Jozef Hoder	: Head of the Furnace Department
M. Sc. Eng. Marek Ceglarczyk	: Head Responsible for Operation of Medium Rolling Mill
M. Sc. Eng. Marek Trefler	: Head of Cramps and Yoke Department

Eng. Andrzej Borowik	: Head of Energy Department
Eng. Eugeniusz Lochtara	: Head of Electrical Stations and Networks of Electrical Supply
Mr. Grzegorz Dudek	: Responsible for Reports of Energy Carriers Consumption
Ms. Halina Pijalkowska Kornas	: Economist

### 1.1.1 工場の概要

- (1) 工場名           Huta Labedy
- (2) 工場所在地     45 Zawadzkiego Street, 44 - 109 Gliwice
- (3) 従業員数       1,500名
- (4) 主要製品       支保工 (mining beam and cramp) および厚板 (steel plate)
- (5) 生産能力       支保工 : 300,000t/y、厚板 : 60,000t/y

#### (6) プロセス概要

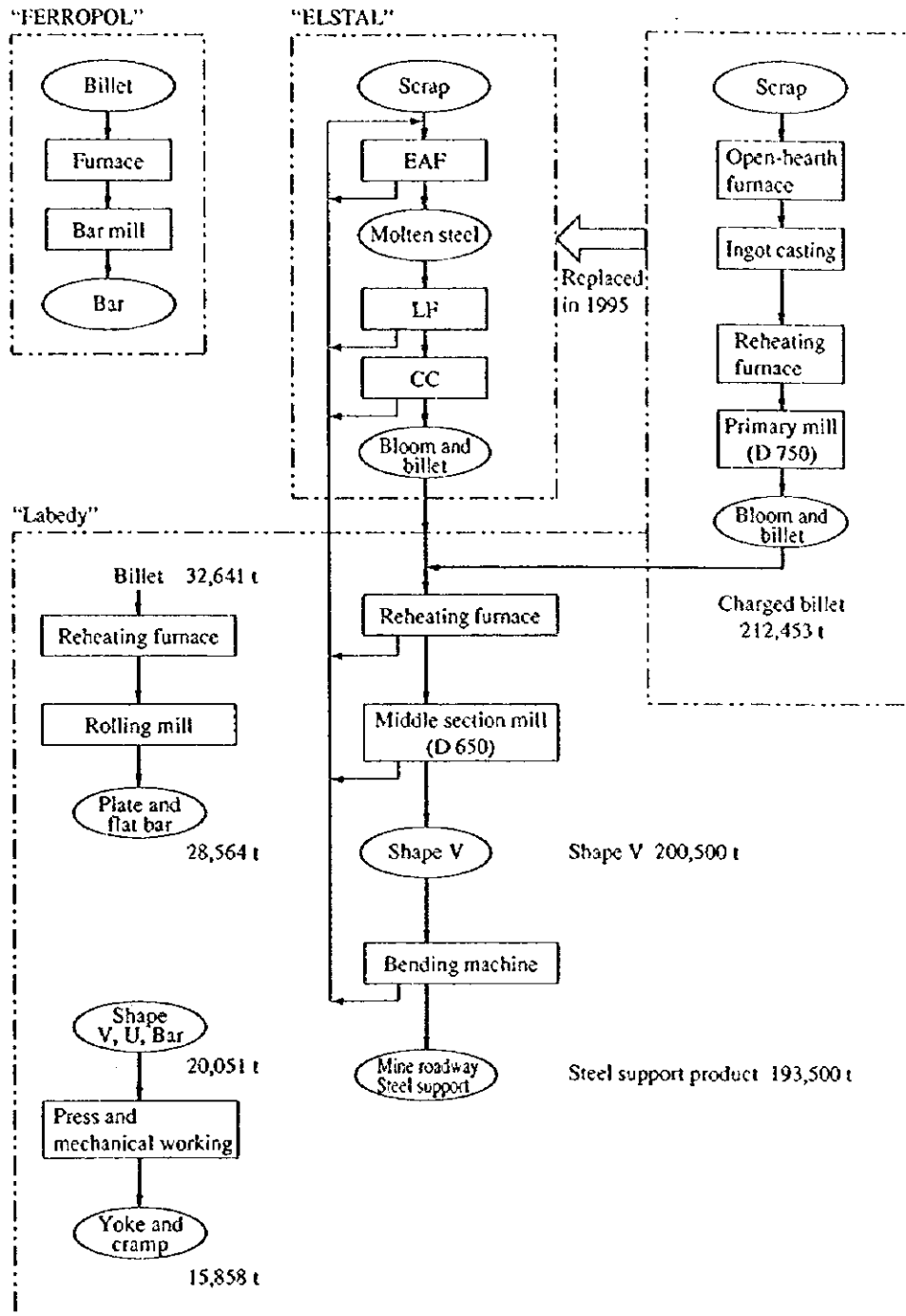
Huta Labedyは、系列会社であるELSTAL社 (電気炉工場) より、鋼片を受け入れ、中形ミルで支保工、厚板ミルで鋼板を生産するいわゆる単圧工場である。支保工の付属品であるヨークおよびクランプもこの工場生産している。その製造工程図をFigure 1.1.1に示す。Labedy工場の生産プロセスの一部を構成している電気炉 (EAF : Electric Arc Furnace) および棒鋼ミルが他社の所有となっており今回の調査対象から外された。また、Labedyはエネルギー (Utility) の一部を他社に供給しているため今回の調査ではこの他社供給分を除いて消費エネルギーおよび省エネルギーポテンシャルを算定した。

#### (7) 工場の沿革

1948年に会社が創設され、支保工および厚板を製造している国営単圧工場である。国の経済体制が市場経済にかわったため、リストラを推進中。平炉工場は

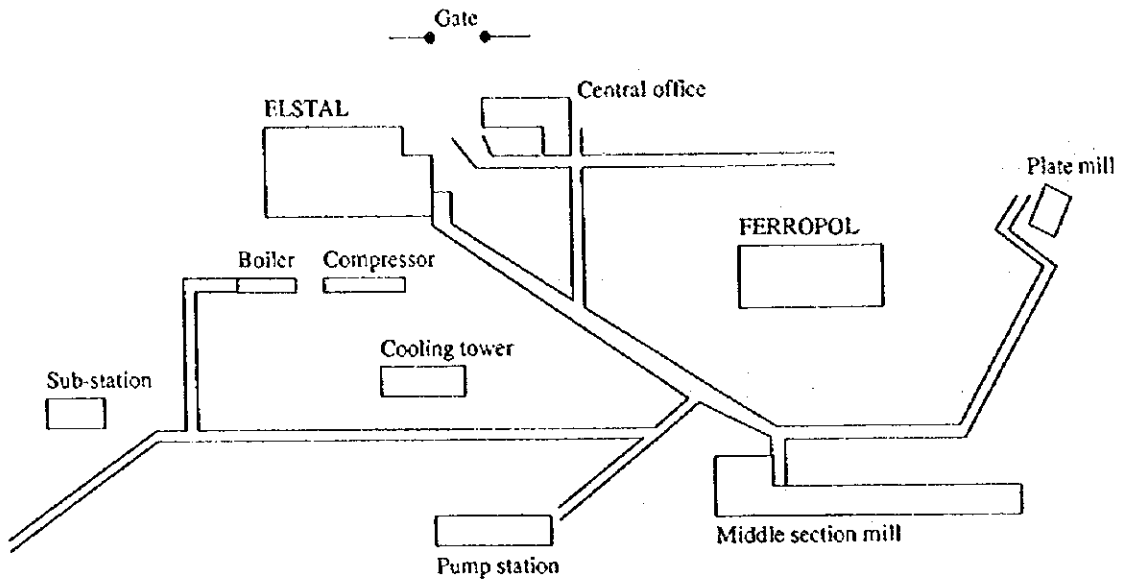
1995年電気炉に転換しELSTAL社として、棒鋼ミルもFERROPOL社としてそれぞれ別会社に分離し独立させた。現在中形ミル (middle section mill) の近代化を検討中である。

Figure 1.1.1 Process Flow



(8) 工場配置図

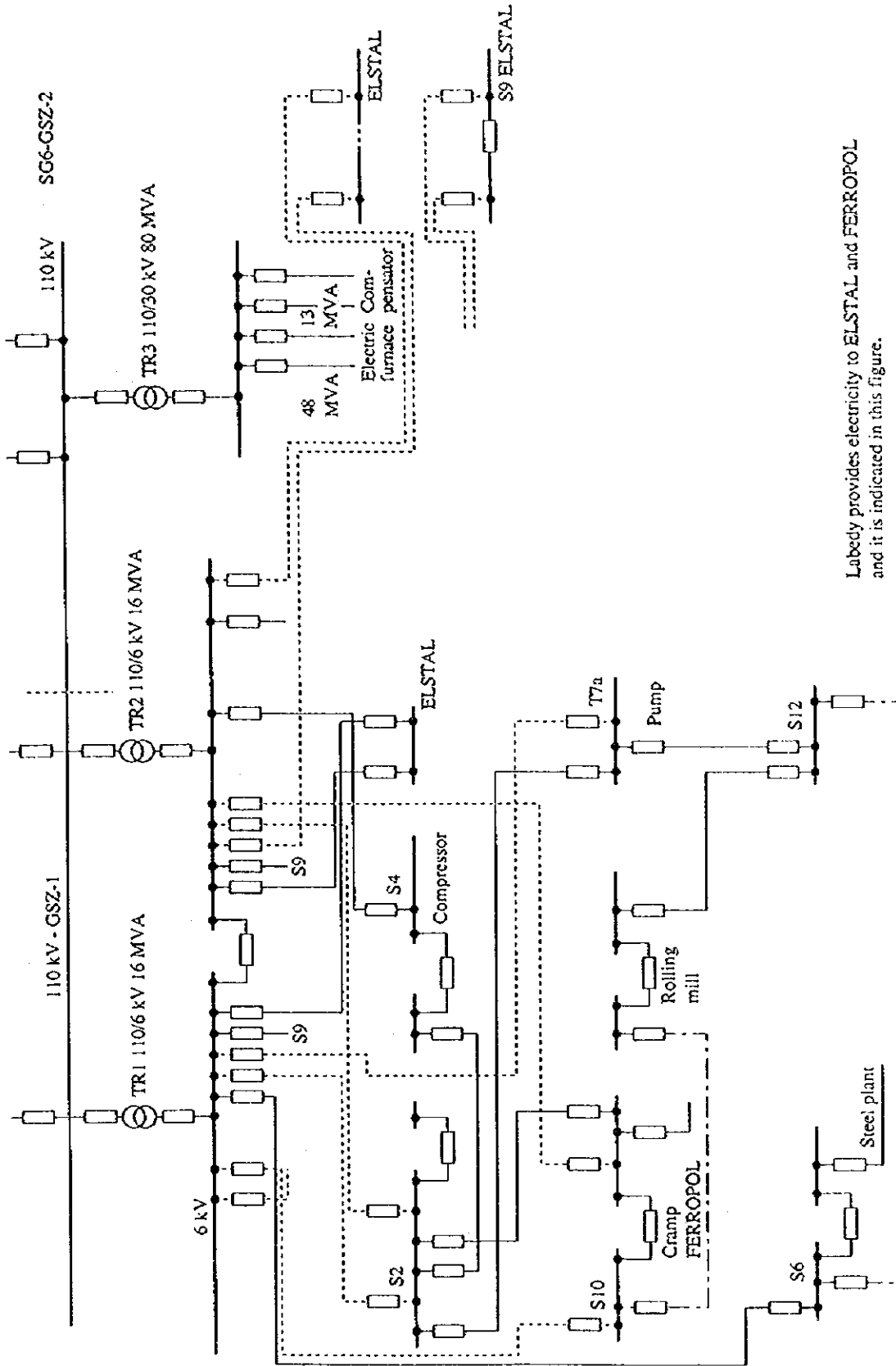
Figure 1.1.2 Plant Layout





(9) 電力単線結線図

Figure 1.1.3 One Line Diagram



Labedy provides electricity to ELSTAL and FERROPOL and it is indicated in this figure.

## (10) 主要設備の概要

Table 1.1.1 Major Equipment

Factory	Equipment	Number	Specification
V shape mill	Reheating furnace	1	Type: Pusher type Capacity: 60t/h (design), 40t/h (actual) Fabricator: Modernized by BIPROHUT Furnace dimension: 7m-width x 21 m-effective length Charged material: Bloom 160 x 140 x (5,500 - 6,200) mm Fuel: Natural gas Burner capacity: About 25 MW
	Middle section mill	1	60 t/h, 4 MW x 742 rpm (rougher) 2 MW x 990 rpm (finisher)
Mining beam shop	Bending machine	-	300,000 t/y
Yoke and cramp shop	Mechanical working machine	1	
	Press and shears	-	
Plate mill	Reheating furnace	1	Type: Pusher type Capacity: 8t/h, average 5t/h Furnace dimension: 2.7m-width x 14.4 m-effective length Charged material: Bloom (80 - 240) T x (80-500) W x (1,350 - 2,450) L mm Fuel: Natural gas Burner capacity: About 4.4 MW
	Universal mill		8 t/h, 750 kW
Energy plant	Power receiving station	1	110 kV x 4 Lines Main transformer 16 MVA x 2 80 MVA (to ELSTAL)
	Hot water boiler	3	4 MW each
	Oxygen plant	-	1,200 m <sup>3</sup> /h
	Air compressor	3	2,500 m <sup>3</sup> /h x 350 kW Centrifugal oil free
cf. ELSTAL plant	Electric arc furnace	1	70 t/ch-EBT, 48 MVA
	Ladle furnace	1	70 t/ch, 13 MVA
cf. Open-hearth furnace	Open-hearth furnace	7	100 t/ch x 5
			200 t/ch x 2

(11) エネルギー価格

Table 1.1.2 Energy Price and Heat Value

	Energy Price	Heat Value
Electricity	110 PLN/MWh (Jun. 1997)	10.258 GJ/MWh
Natural gas	0.51 PLN/m <sup>3</sup> N (Jun. 1997)	35.930 GJ/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
Hot water (for selling)	36.68 PLN/GJ (Jun. 1997)	-

Table 1.1.3 Components of Reheating Furnace Fuel Gas

Gas content	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Wet volume	-	-	97.0 %	-	-	-	1.0 %	2.0 %	-	-

1.1.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 1.1.4 Trend of Production

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Mining beam and cramps	t	248,936	204,920	285,202	246,244	209,358
Plate	t	24,028	28,605	32,463	36,467	28,564
cf. OHF ingot production	t	308,363	271,617	314,328	232,191	0

(Note) In 1995, OHF is replaced to EAF (of ELSTAL company).

## (2) エネルギー消費量の推移

Table 1.1.5 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	kL	24,359.7	17,047.0	22,749.0	14,171.5	44.6
Diesel oil	kL	595.4	573.0	611.2	580.4	563.3
Natural gas	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	-	15,792.3	74,464.0	66,371.3	18,175.8
Gasoline	kL	24.8	20.2	22.2	24.5	25.8
Others		116,254.2	75,957.8	-	-	-
Coal	t	-	100	25	9.8	-
Benzol	t	5,775	10,586	3,694	3,317	
Electricity	MWh	57,808.8	51,444.9	59,818.8	53,050.3	36,939.9

## (3) エネルギー消費原単位の推移

Table 1.1.6 Trend of Energy Consumption and Energy Intensity (A)

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	GJ	957,336	669,947	894,036	556,940	1,753
Diesel oil	GJ	25,424	24,467	26,098	24,783	24,053
Natural gas	GJ	-	567,417	2,675,492	2,384,721	653,056
Gasoline	GJ	1,074	875	961	1,061	1,117
Others	GJ	2,559,685	1,672,439	-	-	-
Coal	GJ	-	2,100	525	206	-
Benzol	GJ	234,534	429,919	150,021	134,710	-
Electricity	GJ	593,003	527,722	613,621	544,190	378,929
Total energy (A)	GJ	4,371,056	3,894,886	4,360,754	3,646,611	1,058,908
Energy intensity	MJ/t	14,175	14,340	13,873	15,705	-
	(Mcal/t)	(3,386)	(3,425)	(3,314)	(3,751)	---

(Heat value) Fuel oil : 39.300 GJ/kL  
 Diesel oil: 42.700 GJ/kL  
 Gasoline : 43.300 GJ/kL  
 Others : 22.018 GJ/kL  
 Coal : 21.000 GJ/t  
 Benzol : 40.612 GJ/t

Labedy所有のOHF (Open Hearth Furnace) インゴット、分解圧延設備は1995年12月に停止され、OHFはEAFにリプレースされた。新設EAFはELSTAL社付属設備として分離されEAF関連資料の入手ができないため、OHF停止に伴う省エネルギー効果の評価ができない。したがって、OHFおよびEAFの消費エネルギーは計算より取り除き加熱炉から製品に至るまでの消費エネルギーを比較した。OHFのエネルギー消費量を求め、Labedyの全消費エネルギー量からOHFの消費熱量を差引くことで1992年から1995年間のエネルギー消費量を補正し、製品トン当りのエネルギー原単位の推移を推定した。結果をTable 1.1.7に示す。

**Table 1.1.7 Trend of Energy Consumption and Energy Intensity (B)**

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Total energy (A)	GJ	4,371,056	3,894,886	4,360,754	3,646,611	1,058,908
OHF energy (B)	GJ	2,599,188	2,380,969	2,486,956	1,882,520	0
(A) - (B)	GJ	1,771,868	1,513,917	1,873,798	1,764,091	1,058,908
Production	t	272,964	233,525	317,665	282,711	237,922
Energy intensity	MJ/t	6,491	6,483	5,899	6,240	4,451
	Mcal/t	(1,550)	(1,548)	(1,409)	(1,490)	(1,286)

- (Note) • Total energy (A): For Labedy total energy consumption, see Table 1.1.6  
 • OHF energy (B): For Labedy OHF energy consumption, see Table 1.1.8  
 • Energy intensity: per steel product ton

Table 1.1.8 Trend of OHF Energy Intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Electricity	GJ	74,545	66,821	71,611	62,174	--
Oil	GJ	957,348	669,947	894,036	556,252	--
Benzol	GJ	234,534	429,919	150,021	134,710	--
Gas	GJ	1,333,701	1,249,584	1,402,635	1,123,244	--
Compressed air	GJ	108,502	79,563	95,248	66,658	--
Cooling water	GJ	8,242	7,279	9,451	7,305	--
Steam (consumption- production)	GJ	Δ117,684	Δ122,144	Δ136,046	Δ67,823	--
OHF energy consumption total (B)	GJ	2,599,188	2,380,969	2,486,956	1,882,520	--
OHF energy intensity	MJ/t (Mcal/t)	8,429 (2,013)	8,766 (2,094)	7,912 (1,890)	8,108 (1,936)	--

Energy intensity: per OHF ingot ton

(Heat value) Compressed air: 1.0467 GJ/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>

Cooling water : 2.5958 GJ/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>

#### (4) 製品コストに占めるエネルギーコストの割合

原価表の入手までには至らなかったが原価に占めるエネルギーコストは20～23%の範囲にある事が判った。

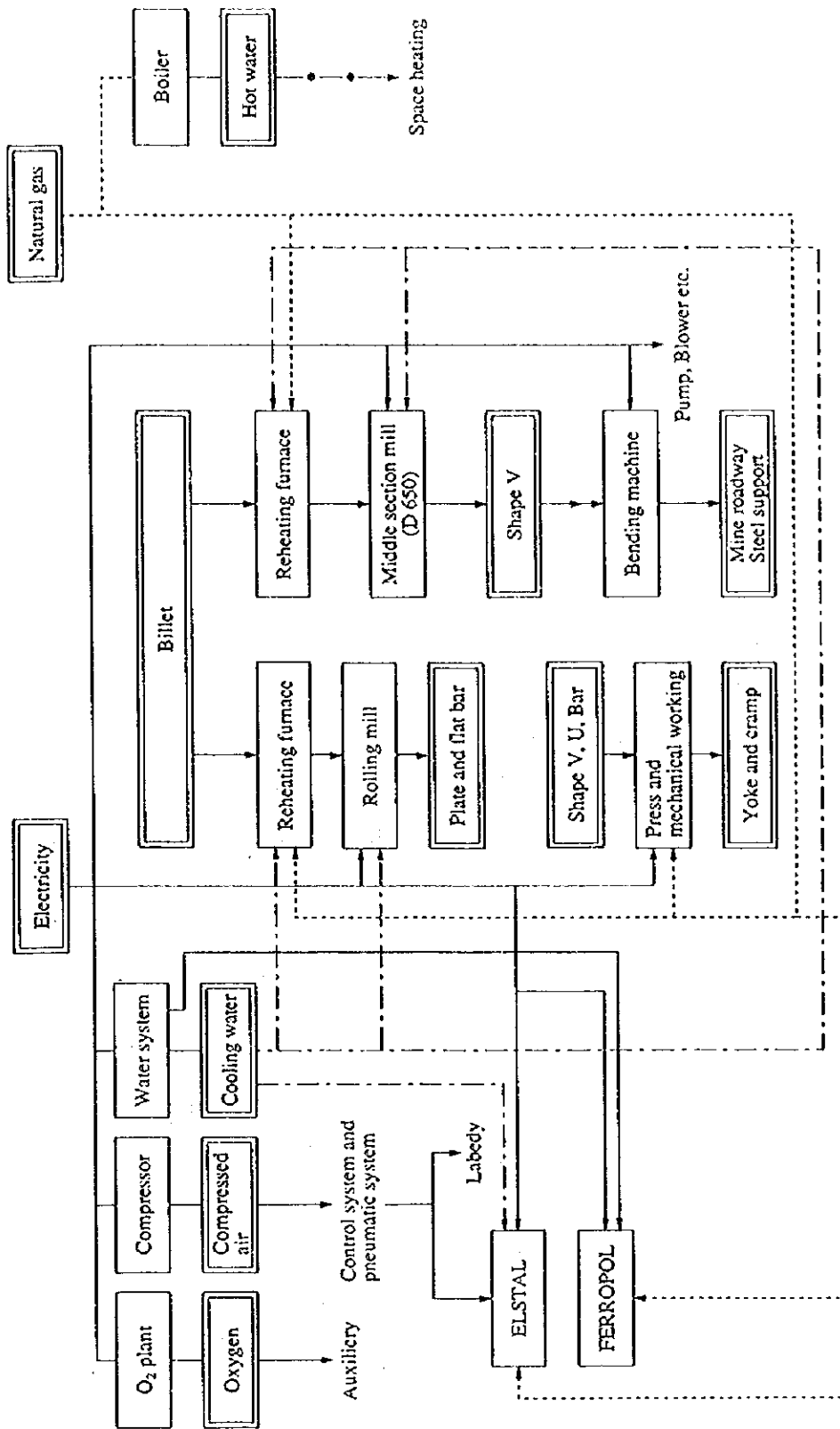
#### (5) エネルギーフロー

購入エネルギーは、電力 (36%) および天然ガス (62%) が大部分を占めている。電力は、圧延機やプレス機で使用される他、圧縮空気プラント、冷却水システム、酸素プラントで使用されている。発生圧縮空気、冷却水、酸素は各プラントに供給され使用されている。

ELSTAL社の電気炉の冷却水顕熱は温水として熱回収される。なお、Huta Labydは同敷地内にある関係会社であるELSTAL社 (電気炉工場) およびFERROPOL社 (棒鋼工場) に電力・天然ガス・冷却水・圧縮空気等を供給している。Labydのエネルギー原単位の計算に関してはこれらの条件を加味し実施している。

Figure 1.1.4にエネルギーフローを示す。

Figure 1.1.4 Energy Flow



### 1.1.3 エネルギー管理の状況

#### (1) 省エネルギー目標値の設定

##### a. 目標の設定

工場全体として具体的数値目標は設定されていない。現在各々の工場が、エネルギーを含むコストを明確にし、工場がそれぞれ独立採算で成り立つ様リストラを進める計画を有している。

##### b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

流量計を始めとする計測設備が少ないので、増設すべく努力している。  
市場の動向が読めないため省エネ投資がやりにくい。

#### (2) 組織的な活動

##### a. 省エネルギー専従部署の設置

特別には設置していないが、エネルギー部が担当している。  
必要に応じ、コスト低減または設備のリストラのためにワーキンググループを臨時につくっている。例えば、平炉を電炉へリプレースするに当っては特別にグループをつくり検討を行なった。

##### b. 省エネルギー委員会の設置

設置していない。しかし、リストラは会社の重要課題であるので、コスト(エネルギーも含む)低減については、社内の幹部会で常にとりあげられている。

##### c. 経営者のスタンス

会社の生き残りのため、競争力強化に力を入れており、省エネルギー活動もその一つとして重要視している。

##### d. 人事評価のしくみ

リストラやコスト低減に功績があった人は、大きく評価される。



### (3) データに基づく管理

#### a. エネルギー使用量の把握

工程別のコスト管理が行われていて、電力とガス使用量はよく把握されている。冷却水はメータが少ないので実際使用水量が部門毎に把握できず、社内ルールに基づいて工場毎に配分し費用分担している。

#### b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

温水・冷却水と圧縮空気はメーターが少ないので実使用量がつかめず、コストシートに示す使用量が実際の値と異なっている可能性はある。しかし、電力とガスは主要設備毎にメーターが設置され使用量が把握されている。概ね90%以上のエネルギーはメーターにより管理されている。

#### c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

把握管理されている。

#### d. 計測器の設置

冷却水、温水および圧縮空気に未設置のところがある。  
早急な設置および管理が望まれる。

#### e. 生産管理、原価管理

原価管理はきびしく行なわれている。しかし、製品品種別のエネルギー原単位は十分に把握されておらず、エネルギーコストを最小にするよう工程管理が行なわれているとは言い難い。

### (4) 従業員の教育

#### a. 表彰制度

表彰制度を設けている。

### (5) 設備管理状況

リストラを推進中であり、多数の古い設備と少数の最新設備が混在してい

るが、古い設備はよくメンテナンスされている。

エネルギー使用量の多い圧延設備は驚くほど古いですが、燃焼制御システムをリプレイスする等、コスト低減に必要な設備は投資を行なっており、メリハリのついた工場である。

#### 1.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

##### 1.1.4.1 Excellent factoryとのエネルギー消費原単位比較

当工場は、ピレット、支保工および平鋼、鋼板が主製品である。生産品別にエネルギー使用量を比較すると支保工およびクランプ製造プロセスが全体の49.4%、ピレット製造プロセスが同14.9%、平鋼・鋼板製造プロセスが同14.2%、その他のプロセスが21.5%を消費していることが判る。ピレット製造プロセスは平炉の廃止に伴ない現在停止している。

支保工の曲げ加工およびクランプ加工プロセスに関しては、Labedy factoryの過去5年間の間で、原単位が一番良かった年のデータを使用し、( )内に参考値として示す。他はLabedyの1996年の値をそのまま使用した。

Table 1.1.9 Comparison of Energy Intensity

Production Process	Unit	Production	Labedy	Excellent factory	Difference
Mining beam and cramp	MJ/t-product	209,358	2,374	1,917	457
Middle section mill	MJ/t-shape	200,500	2,206	1,768	438
Beam bending	MJ/t-product	193,500	93	(93)	-
Yoke and cramp	MJ/t-product	15,358	2,391	(1,878)	513
Flat plate and sheet	MJ/t-product	28,564	5,031	2,101	2,930
Billet (Large section mill)	MJ/t-billet	38,600	3,880	0	3,880
Water system	MJ/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10,814 × 10 <sup>3</sup>	2,415	0	2,415
Air compressor	MJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	40,468 × 10 <sup>3</sup>	523	0	523
Hot water boiler	MJ/MJ	73,998 GJ	0.329	0.255	0.074
Others	MJ/t-product	237,992	605	(605)	-
Total	MJ/t-product	237,992	4,238	2,626	1,610

(Note)

V-shape/steel supportの生産比率はExcellent companyも同じと仮定した。

(Note)

冷却水の評価は1m<sup>3</sup> = 0.253kWh = 2,595.8KJ、圧縮空気の評価は1m<sup>3</sup>N = 0.102kWh = 1047.6KJとした。

Hot water boilerは日本の製鉄所では使用していないが、ガス焼き蒸気ボイラの効率と等しいと仮定し、その熱効率を90%とした。

Table 1.1.9によれば、Labedyの省エネルギーポテンシャルは約38%であることがわかる。一方1997年現在では、Large section millを停止していて、既に600MJ/t (14.9%) 下がっているので実質的省エネポテンシャルは23%であると言える。

なお、このエネルギー評価値を使用することにより圧縮空気に関する省エネルギーポテンシャルは次のように簡単に計算できる。

空気圧縮機の省エネルギーポテンシャル

$$= \text{圧縮空気製造量 (m}^3/\text{y)} \times (0.144 - 0.102) \text{ (kWh/m}^3\text{)}_N$$

中形ミルの圧縮空気省エネルギーポテンシャル

$$= \text{中形ミルの生産量 (t/y)} \times (31.7 - 25.0) \text{ (m}^3\text{/t)} \times 0.102 \text{ (kWh/m}^3\text{)}_N$$

ここに

圧縮空気製造電力原単位 : 0.144 kWh/m<sup>3</sup><sub>N</sub>

中形ミル圧縮空気消費原単位 : 31.7 m<sup>3</sup>/t

Excellent factory 圧縮空気消費原単位 : 25 m<sup>3</sup>/t

#### 1.1.4.2 省エネルギーポテンシャルの推定

省エネルギーのステップを下記のように3つに分類し省エネルギーの可能性に関し検討を加える。

第1ステップ：管理強化によるもの

第2ステップ：設備改善によるもの

第3ステップ：プロセス改善によるもの

##### (1) プロセス別省エネルギーポテンシャルの推定

当工場の各プロセスを正味エネルギー消費量の多い順に並べるとTable 1.1.10のとおりである。

Table 1.1.10 Energy Consumption by Process

Unit: GJ/y

Process	Consumed energy	Generated energy	Net consumption	Ratio
a. Middle section mill	442,230	0	442,230	43.9
b. Large section mill	149,766	0	149,766	14.9
c. Plate mill	143,715	0	143,715	14.2
d. Energy system	216,060	144,427	71,633	7.1
(Water system)	(54,188)	(28,071)	(26,117)	(2.6)
(Air compressor)	(63,515)	(42,358)	(21,157)	(2.1)
(Hot water boiler)	(98,357)	(73,998)	(24,359)	(2.4)
e. Mining beam works	55,854	0	55,854	5.5
(Beam bending)	(17,945)	(0)	(17,945)	(1.8)
(Yoke and cramp)	(37,909)	(0)	(37,909)	(3.7)
f. Others	145,173	0	145,173	14.4
Total	1,152,797	144,427	1,008,370	100

a. 中形圧延工場

1) 外部要因による差

外部要因に大きな差違は見当たらない。

2) 技術要因による差

1996年度のLabedyのエネルギー原単位をExcellent-factoryと比較するとTable 1.1.11のようになる。

Table 1.1.11 Comparison of Energy Intensity of Middle Section Mill in 1996

	Unit	Labedy	Excellent factory
Fuel	MJ/t-product	1,534 (42.7 m <sup>3</sup> /t)	770
Steam	MJ/t-product	-	75
Electricity	MJ/t-product	607 (59.1 kWh/t)	923 (90 kWh/t)
Compressed air	MJ/t-product	33 (*3.2 kWh/t)	
Cooling water	MJ/t-product	32 (*3.1 kWh/t)	
Total	MJ/t-product	2,206	1,768 MJ/t

(Note) \* means equivalent calorie in kWh.

### 1) Labedyの中形圧延工場

別会社ELSTALで生産された165×140、長さ約6m (177kg/m) のピレットを受入れ後加熱し中形ミルで圧延、V-type section (21～35.9kg/m) を製造している。1996年の圧延時間は6,171時間であり年間稼働率は約70%相当である。

### 2) 歩留りの向上

圧延歩留りは94.4%でかなり良いレベルであるが、まだ改善の余地が残っており、97.0%程度まで上昇が可能である。この場合エネルギー原単位は59MJ/t (燃料41MJ/t、電力18MJ/t) 向上できる。

歩留り向上のためには歩留りに影響するクロップロス、端材ロス、ミスロールおよび不合格品の量をそれぞれ毎日記録管理することから始める必要がある。

次に比率の大きいものから順次その低減案を検討し実行に移していくことになる。

現地視察の際は、圧延工場は停止しており、クロップロスや端材ロスの実態を観察できなかった。しかし、ミスロール品が工場内にかなりの量放置されていたので、ミスロールを減らすことがこの工場の歩留り改善の第1歩であろうと感じた。ミスロールを減らすためには、ミスロールの発生日、サイズ、ミスロール本数、発生状況、原因および対策等を調査検討記録し、メンテナンス担当者と連携をとって設備改善していくことが必要である。

### 3) 燃料原単位

燃料原単位は1,534 MJ/t (366Mcal/t) とかなり良いレベルである。今回の簡易診断時における排ガス分析結果でもO<sub>2</sub> 4.1% (空気比m=1.22) が得られており、若干の改善の余地はあるものの加熱炉の燃焼管理はほぼ良好なレベルに保たれている。

ホットチャージローリングの実施が可能であれば大幅な省エネルギーが期待できる。なお、本項ではホットチャージローリングを考慮せず消費エネルギー原単位の目標を1,381MJ/t (330Mcal/t) とする。改善目標は次のとおりである。

$1,5341\text{MJ/t} - 41\text{MJ/t} = 1,381\text{MJ/t} = 112\text{MJ/t} (27\text{Mcal/t})$

41MJ/t : 歩留り向上分 (2.6%相当)

① 保熱基準の改善 25MJ/t (6Mcal/t)

ピレット待ちや圧延機の点検等における炉の保熱基準見直し、保熱用燃料使用量を削減する。

一般に圧延工場では加熱炉の昇熱および保熱に使われている燃料が多い。以下の方法でまず実態を調べ、その改善策を検討し実施することにより、この燃料を削減する。

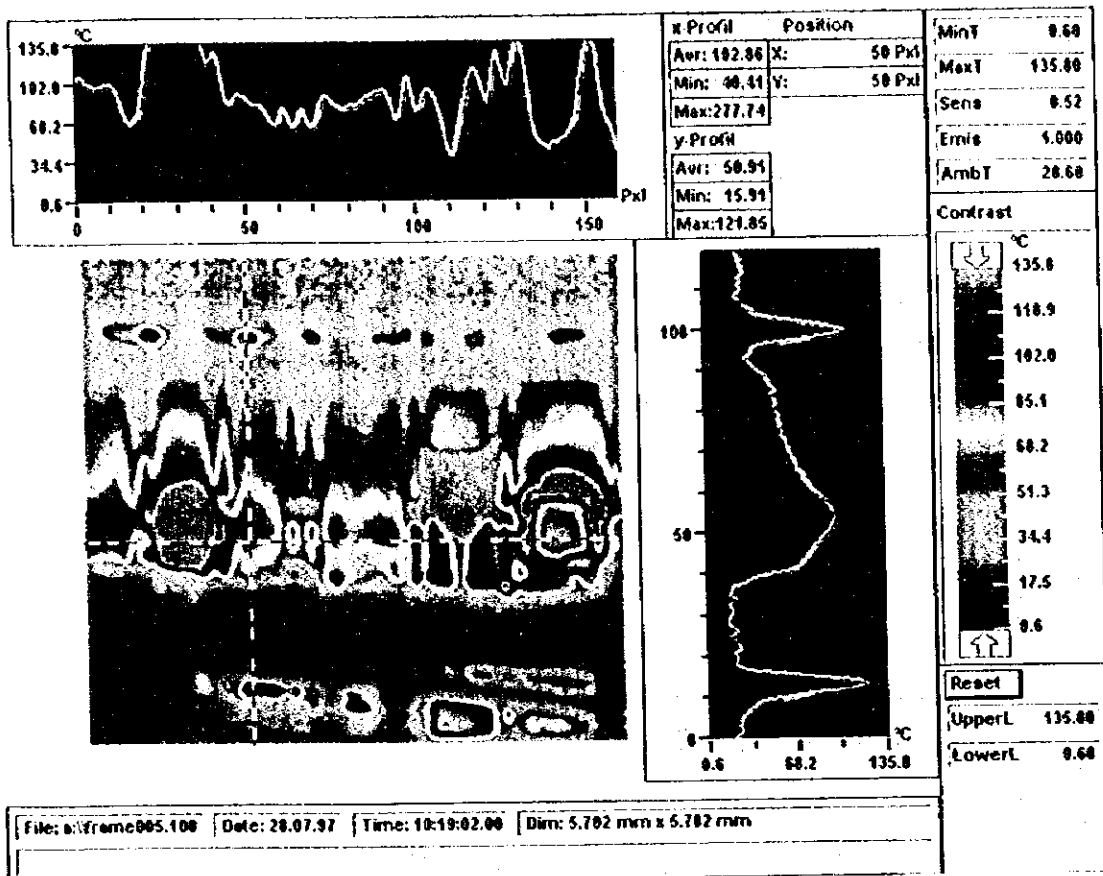
- ・保熱、昇熱の記録を取る (C項 厚板工場に具体例を示す)。
- ・保熱、昇熱の基準を作り、その結果をフォローする。保熱、昇熱の燃料原単位を常にチェックし基準の見直しを行う。また、基準からのずれが発生した場合、原因を調査すると共に対策を検討する。
- ・上記に加え圧延機の始動、停止の際は予定時間を早期に加熱炉操業者に伝えるとともに時間厳守に努力し無駄な燃料使用を避ける必要がある。始動、停止に伴うエネルギーロスも記録管理していくことが望ましい。

② セラミックファイバーによる加熱炉断熱強化 63MJ/t (15Mcal/t)

セラミックファイバー施工により放熱損失が減少するとともに、熱容量を減少できるので、電気炉の故障 (ピレット待ち) や圧延機のメンテナンスのため加熱を一時中止したり、炉の保熱時等における熱損失を大巾に低減できる。

現地視察の結果本工場の加熱炉は炉の外観および触感では炉壁の表面温度はそれ程高くはないが、Figure 1.1.5 に示すように側壁の点検孔の周囲には高温の部分があり、断熱を強化する必要があることが判明した。早期対応が望まれる。

Figure 1.1.5 Thermal Image of Inspection Hole of Reheating Furnace

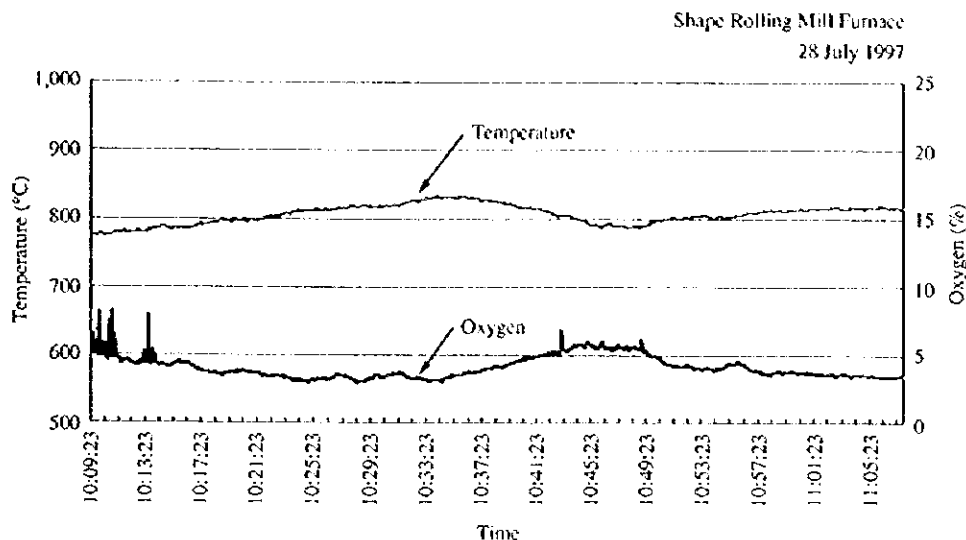


③ 空気比の改善 28MJ/t (7Mcal/t)

形鋼加熱炉の排ガス計測の結果を Figure 1.1.6 に示す。計測位置は空気予熱器入口の排ガスである。なお、予熱された空気温度は 350°C である。



Figure 1.1.6 Exhaust Gas Measurement of Shape Steel Rolling Mill Furnace  
(Measured at the air preheater gas inlet)



計測値の平均値を用いて燃焼計算を行うと Table 1.1.12 の結果を得る。本表に見るように、計測時の空気比は 1.22 であるが、これを計測時間中の最小値 (1.15) に維持すれば、燃料消費は計算上 1.8% 低減される。

Table 1.1.12 Fuel Reduction Effect by Air Ratio Control (Shape steel reheating furnace)

Preconditions		Calculation Result		
Fuel gas		Theoretical Combustion	Current Air Ratio	Air Ratio after Improvement
Net heat value (kJ/m <sup>3</sup> )	35,930			
Net heat value (kcal/m <sup>3</sup> )	8,582			
Combustion air temperature	350			
Exhaust gas temperature	808			
Furnace infiltrating air ratio	0 %			
		Exhaust gas oxygen	4.1 %	3.0 %
		Air ratio	1.22	1.15
		Air flow rate (m <sup>3</sup> /kg)	11.8	11.2
		Exhaust gas volume (m <sup>3</sup> /kg)	12.8	12.2
		Exhaust gas heat loss ratio (to fuel heat)	27.0 %	25.7 %
		Fuel saving rate		1.8 %

Notes: The measuring point: Before the air preheater  
The temperature after air heating is assumed based upon the AH heat balance.  
Exhaust gas temperature means the exhaust gas temperature before air preheating.

Notes: For air ratio improvement, the minimum values of the measured O<sub>2</sub> values are listed.  
The exhaust gas loss ratio is the exhaust gas heat loss ratio after air preheating.

排ガスO<sub>2</sub>を3% (空気比で1.15) に保つことにより燃料原単位1.8%を改善可能である。

#### ④ 空気予熱器 (レキュペレータの掃除)

定期的に空気予熱器の簡易熱精算を行ない、熱回収率低下時レキュペレータ内の掃除を行なうよう管理していくことにより良好な回収エネルギー原単位を維持できる。

空気予熱器後の排ガス温度はパネル計器で 406℃であるにも拘らず空気予熱器の温度バランスから計算すると、この温度は 550℃にもなることが判った。原因の 1 つとして空気予熱器内部で冷空気が高温排ガス側へ漏れ込んでいる可能性が考えられる。したがって、空気予熱器後の排ガス酸素を計測することにより、空気予熱器内部での空気漏れの有無を検査する必要がある。

なお、空気予熱器出口排ガス温度  $t_{2g}$  は次の式により求めた。

$$t_{2g} = \frac{C_{p1g} \times t_{1g}}{C_{p2g}} - \frac{Q_a (t_{2a} C_{p2a} - t_{1a} C_{p1a})}{Q_g C_{p2g}} = 834 - 277 = 557^\circ\text{C}$$

$Q_a$ : 空気流量	11.848 $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N fuel}}$
$Q_g$ : 排ガス流量	12.863 $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N fuel}}$
$C_{pa}$ : 空気の比熱	0.3094 at 28℃, 0.3171 at 350℃
$C_{pg}$ : 排ガスの比熱	0.3515 at 808℃, 0.3405 at 557℃
$t_{2a}$ : 予熱空気温度 (空気予熱器出口)	350℃
$t_{1a}$ : 空気温度 (空気予熱器入口)	28℃
$t_{2g}$ : 排ガス温度 (空気予熱器出口)	計算により求める温度
$t_{1g}$ : 排ガス温度 (空気予熱器入口)	808℃

#### ⑤ ホットチャージローリング

ピレット生産が他社で行われていることおよび工場から離れていることを考慮するとホットチャージの可能量は約50%と推定される。

ピレットを平均温度 500℃で全装入量の2分の1がホットチャージできれば燃料原単位は167MJ/t (40Mcal/t) 低減できる。

省エネルギー効果が非常に大きいので是非実施したい。

ピレットの搬送には保温ボックスを利用し、電炉工場と中形圧延工場間を

トラック輸送する方法が最も現実的であろう。本方式を採用した場合この保温ボックスは電炉工場および中形圧延工場間の生産速度の差を吸収する役割も果たし有益である。

#### 4) 電力原単位

Labedyの中形工場の電力原単位は、圧縮空気および冷却水の換算電力量を加えても65.4kWh/tであり日本の電炉会社の圧延工場で一番原単位が低い工場の原単位 (65kWh/t) と肩を並べる良い原単位である。これは2スタンドのシンプルな圧延工場であることおよび冷却水原単位が低い (12.4m<sup>3</sup>/t) ことが寄与している。

圧延工場の電力原単位を向上させるには、圧延機のモーターの能力範囲で圧延能率 (t/h) を最大にもっていく方法があるが、操業実績から見て現状ではほぼ最大に近いのではないかと推定される。

#### b. 大形工場

平炉を電気炉にリプレースするに当り、連铸設備が導入されたので1996年4月以降操業を停止している。

これは、Huta Labedyの近代化計画の成果の1つである。

#### c. 厚板工場

##### ci. 外部要因による差

いろいろな寸法の平鋼 (flat bar) および鋼板 (sheet) を小量生産しているの一般的少品種大量生産の工場に比べ不利である。

したがって次項にExcellent factoryで類似の生産様式をとる工場を選び比較した。

c2. 技術要因による差

Table 1.1.13 Comparison of Energy Intensity of Plate Mill

	Unit	Labedy	Excellent Factory
Fuel	MJ/t-rolled product	3,751 (848 Mcal/t)	1,424 (340 Mcal/t)
Electricity	MJ/t-rolled product	970 (94.5 kWh/t)	} 677 (66 kWh/t)
Compressed air	MJ/t-rolled product	212 (20.6 kWh/t)	
Cooling water	MJ/t-rolled product	79 (7.8 kWh/t)	
Oxygen and others	MJ/t-rolled product	19 -	
Total	MJ/t-rolled product	5,031 (1,153 Mcal/t)	2,101 (502 Mcal/t)

1) Labedyの圧延設備

ユニバーサルミル1基でリバース圧延で平鋼および鋼板を生産しており、圧延能力は最大8t/h (ユニバーサルミルの電動機は750kW)、加熱炉は2.7m (width)×14.4m (length)である。

1996年の圧延時間は、5,480時間、圧延歩留87.5%である。Table 1.1.14に操業実績を示す。

Table 1.1.14 Rolling Time of Steel Plate Mill

Calendar hour		8,784 h/1996	
Scheduled maintenace	Rolling stop by other reason	Inspection, Trouble, etc	Rolling time
592 h	2,560 h	152 h	5,480 h

2) 歩留向上 燃料 104MJ/t、電力 3.4kWh/t

装入ビレット (Charged billet) の長さが最大2.45m、ビレット単重が推定300～400kg (平均) と小さく、ユニバーサルミルで圧延可能な製品長さが最大12mしかないことを考慮すると歩留り87.5%はかなり良いレベルである。しかしながら圧延工場を視察の結果歩留り向上に関してはなお若干の改善の余地があるものと思われる。即ち、クロップロスおよび端材の削減にはまだ改善の余地が残されているものと思われるのでこれらの削減に向け努力

して欲しい。歩留りに関してはこれら改善が実施されても90%が達成可能な上限であろう。もし、歩留り90%が達成できると、燃料原単位で104MJ/t (25Mcal/t)、電力原単位で35MJ/t (3.4kWh/t) 改善できる。

### 3) 燃料原単位

1996年の燃料原単位は3,751MJ/t-product (896Mcal/t-product) である。

一方、現地視察および1996年の月報値から通常操業時 (圧延能率5.21t/h) の燃料原単位は、およそ2,400MJ/t-billet = 2,743MJ/t-product (655Mcal/t) = 76.3m<sup>3</sup><sub>N</sub>/t程度と推定される。年間 (8,784時間=366日、1996年) のガス使用量が2,982.2×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup><sub>N</sub>であるので圧延時間 (5,480時間) と非圧延時間 (2,712時間) のガス使用量はおよそ次のように推定できる。

- ・圧延時間に相当する時間に使用する燃料量=2,180.7×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup><sub>N</sub> (398m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h)  
(2,743 MJ/t×28,564t/y÷35.93MJ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)
- ・非圧延時間に相当する時間に使用する燃料量=801.5×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup><sub>N</sub> (296m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h)

以上の検討結果からこの圧延工場の加熱炉は以下の解決すべき大きな問題点を抱えていることが判った。

- ・非圧延時、即ち炉の昇熱および保熱時に信じられないほど多量の燃料を消費しているものと推定され、その原単位だけで製品1当り1,008MJ/t (241Mcal/t) に達する。Excellent factoryの場合、月間22回も昇熱を要するような起動停止の激しい炉でも実績消費エネルギーは85MJ/t程度である。
- ・Labedyの保熱、昇熱を除く通常圧延時の燃料原単位は、2,743MJ/t (655Mcal/t) と推定され、一方Excellent factoryの場合同規模の冷ピレットを加熱圧延する圧延工場の燃料原単位は1,942MJ/t (464Mcal/t) である。したがってLabedyは41%余分な燃料を消費していることになる。これらの問題の要因を調査の結果以下のことがわかった。
- ・この圧延工場はピレット不足、製品出荷待ち等いろいろな要因でしばしば停止を余儀なくされている。
- ・圧延スケジュールは作成されているがしばしば変更される。
- ・漠然とした予定 (明朝圧延開始といった) である上、それに合せて早期から昇熱を開始している。

- ・低能率 (low productivity) 操業時の操業基準は定められておらず対策も取られていない。(炉温制御まかせ)

短い視察時間であり、詳しい情報が得られなかったが、この工場の加熱炉の燃料原単位を改善するには以下に示す① ② ③をまず実施フォローし、並行して④～⑤の対策を進めていく方式が現実的であり、且つ経済的であると判断する。

なお、昇熱および保熱に要する燃料量を把握し、その改善方法を検討するため毎日次のような記録をとり、毎月集計し実態を明らかにするようリコメンドしたい。

日付		昇熱		保熱	
		昇熱時刻	燃料使用量	保熱時刻	燃料使用量
12月1日	ピレット待ち	～		8:00~10:00	200m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
12月2日	圧延機メンテナンス後の昇熱	18:00~21:00	600		
12月合計	昇熱回数 25回 保熱回数 100回 生産量 2,200t	125h	15,000 (6.8m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /t)	200h	40,000m <sup>3</sup> <sub>N</sub> (18.2m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /t)

加熱炉燃料原単位低減対策として以下の項目が考えられる。

これら対策が実施されれば歩留り向上分を考慮しなくとも燃料原単位は 2,111MJ/t (504Mcal/t) まで低下可能である。

① 工程管理の改善および加熱炉保熱・昇熱基準の改善

670MJ/t (160Mcal/t)

圧延工場が長時間連続して操業できるように工程管理を行なうとともに、やむを得ず圧延を中止する時は、その停止時間を正確に予測しこれを守るようにする。同時に保熱基準および昇熱基準を定め、圧延中断中に使用する燃料量を管理し保熱や昇熱のための燃料を最小化する。

② 加熱炉操業を低負荷に対応できるよう改善 431MJ/t (103Mcal/t)

低負荷時の燃料投入基準を定めるとともに排ガスO<sub>2</sub>管理を強化する。

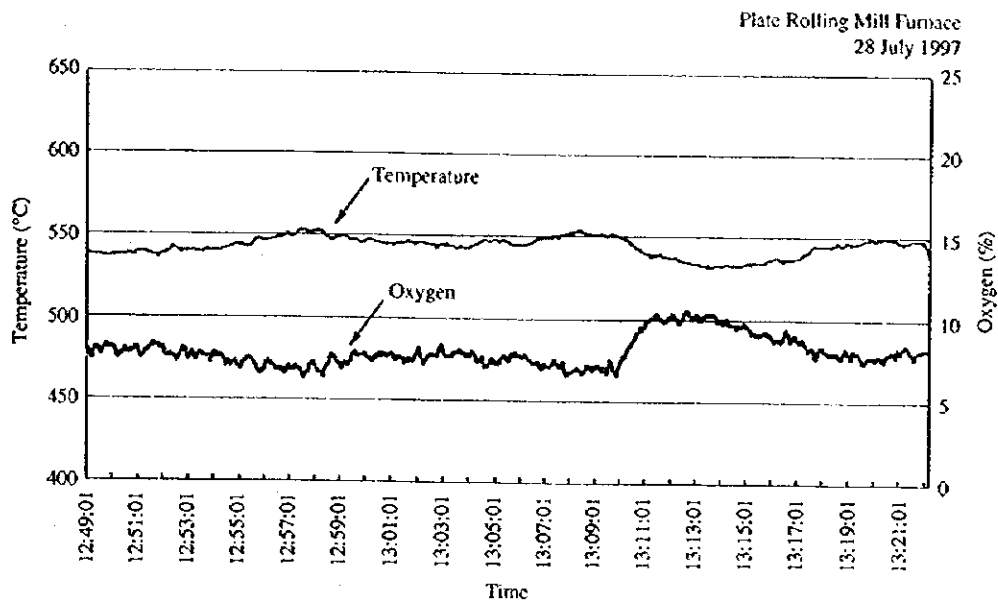
③ セラミックファイバーによる断熱 251MJ/t (60Mcal/t)

炉体放熱量および断熱材の蓄熱量を低減できるので、作業時はもちろん保熱、昇熱に必要な燃料を低減できる。

④ 空燃比の調整 63MJ/t (15Mcal/t)

鋼板加熱炉の排ガス計測の結果を Figure 1.1.7 に示す。計測位置は空気予熱器入口の排ガスである。なお、予熱された空気温度は 250℃である。

Figure 1.1.7 Exhaust Gas Measurement of Plate Steel Rolling Mill Furnace  
(Measured at the air preheater gas inlet)



計測値の平均値を用いて燃焼計算を行うと Table 1.1.15 の結果を得る。この表に見るように、計測時の空気比は 1.55 であるが、これを計測時間中の最小値 (1.39) に維持すれば、燃料消費は計算上 2.3%低減される。

Table 1.1.15 Fuel Reduction Effect by Air Ratio Control (Steel plate reheating furnace)

Preconditions		Calculation Result		
		Theoretical Combustion	Current AR Condition	After AR Improvement
Fuel gas				
Net heat value (kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	35,930			
Net heat value (kcal/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	8,582			
Combustion air temperature	250			
Exhaust gas temperature	544			
Furnace infiltrating air ratio	0			
Notes: The measuring point: Before the air preheater		Exhaust gas oxygen	0.0 %	8.0 %
The temperature after air heating is assumed based upon the AH heat balance.		Air ratio	1.00	1.55
Exhaust gas temperature means the exhaust gas temperature before air preheating.		Air flow rate (m <sup>3</sup> /kg)	9.7	15.1
		Exhaust gas volume (m <sup>3</sup> /kg)	10.7	16.1
		Exhaust gas heat loss ratio (to fuel heat)	20.4 %	18.5 %
		Fuel saving rate		2.3 %
		Note: For air ratio improvement, the minimum value of the measured O <sub>2</sub> values is used.		
		The exhaust gas loss ratio is the exhaust gas heat loss ratio after air preheating.		

排ガス中のO<sub>2</sub>8.0%を6.4%になるよう調整すれば燃料原単位2.3%低減できる。

#### ⑤ 炉の前後開口部のシールの強化 85MJ/t (20Mcal/t)

操業状態の観察から、炉への装入ブルームの長さが炉幅に比して小さいため、ブルーム両端の空隙から多量の空気侵入があると見られる。また、装入ドアもスラブ上に必要以上に空隙をもっており、これも侵入空気量を増大させているものと思われる。これら侵入空気の問題は、空気の侵入以前の場所で排ガス計測を行うことによって解析が可能となる。

炉の前後の扉とピレットの間、およびピレットと炉壁の間に隙間があるので、炉内圧の調整方法を改善し、かつ開口部をできるだけ小さくするようノレンを設けることにより燃料原単位を約3%低下できる。

#### 4) 電力原単位 (20kWh/t)

ユニバーサルミル1基でリパス圧延するシンプルな圧延設備であるのに、電力原単位が94.5kWh/tと高いのは意外である。電力原単位を向上させるには圧延能率 (t/h) を上げる他手段がないので、圧延機モータの許容出力範囲内で圧延パス回数を最小にするようにし圧延能率の最大化をはかりたい。1995年には圧延能率6.3t/hで、電力原単位73.6kWh/t-productを達成しているので、圧延能率を高めることにより、20kWh/t程度電力原単位の低下の可



能性があることを示している。

**Table 1.1.16 Relationship between Rolling Productivity and Electricity Intensity**

	1995	1996
Rolling productivity	6.3 t/h	5.2 t/h
Electricity intensity	73.6 kWh/t	94.5 kWh/t
cf. Fuel intensity	3,105 MJ/t	3,751 MJ/t
cf. Rolling time	5,824 h	5,480 h

(2) ユーティリティ (熱利用設備)

a. ボイラー室での計測

この工場ではプロセス用および暖房用の温水供給のために新鋭のガス焼き温水ボイラーを3基設置している。その設備概要を Table 1.1.17 に示す。本設備は最新であり、省エネルギー上特に指摘すべき点は見当たらない。

**Table 1.1.17 Outline of the Hot Water Boiler**

Type	Package Type Hot Water Boiler	3 Units
Capacity	4 MW/unit	
Year of installation	1996	
Fuel	Gas/heavy oil selectable	Always gas-fired
Manufacturer	Babcock-Omnimal	
Exhaust gas temperature	90 °C	100 °C at our survey

温水ボイラーの他に、構内の製鋼会社 ELSTAL の電気炉冷却水から熱交換器によって熱回収して温水系への熱補給をする装置が 1997 年から稼働している。しかし、非暖房期には熱余剰となる。

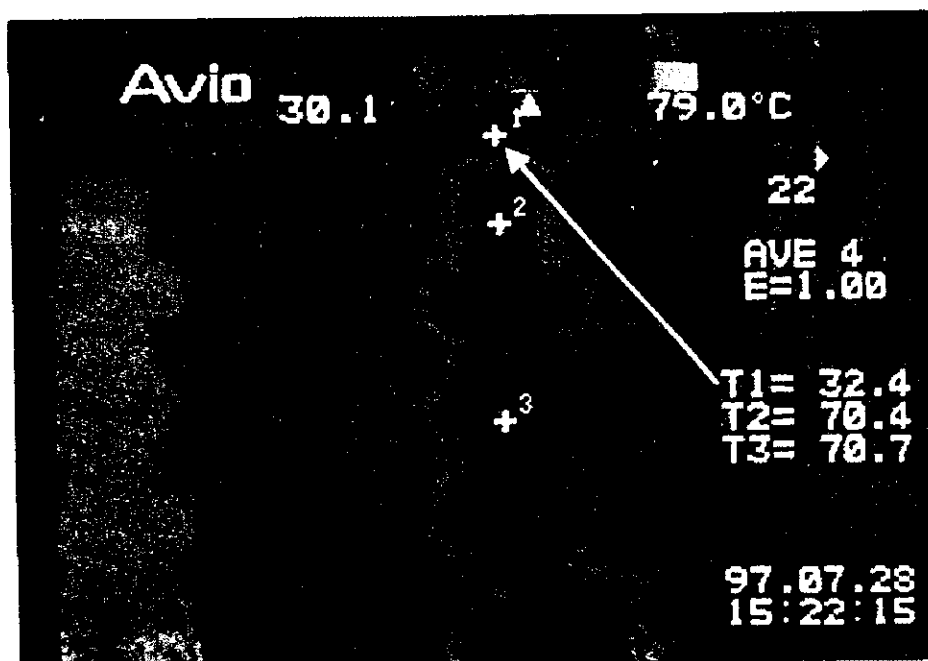
温水ボイラーに隣接した補機室には、温水の分岐ヘッダーや熱交換器が設置され、多数のバルブが保温されずに設置されている。省エネルギーの余地を想定するため、工場視察の結果をベースにバルブの概略数を算出し放熱量を計算した。結果を Table 1.1.18 に示す。

**Table 1.1.18 Heat Radiation from Valves in the Auxiliary Machinery Room for Hot Water Boilers**

Installation place	Environmental temperature (°C)	Surface temperature (°C)	Nominal diameter (mm)	Equivalent length (m)	Assumed No. of units installed	Radiation amount (kcal/h)
Hot water boiler auxiliary equipment room	28	90	300	1.91	10	13,372
Hot water boiler auxiliary equipment room	28	90	200	1.68	20	16,012
Hot water boiler auxiliary equipment room	28	90	100	1.27	30	9,594
Hot water boiler auxiliary equipment room	28	90	50	1.11	40	5,918
Total						44,896

これらの弁に保温を施せば放熱量は約 10%にまで低減される。  
 赤外線を利用した熱画像装置を用いれば、これらの保温されていない高温部を視覚的に把握することができる。Figure 1.1.8 に一例を示す

**Figure 1.1.8 Thermal Image of the Non-insulated Valve (Boiler auxiliary equipment room)**



(3) エネルギーシステム (電気利用設備)

- a. 外部要因による差  
特になし。

b. 技術要因による差

冷却水および圧縮空気のエネルギー評価を各々

$$1\text{m}^3=0.253\text{kWh}$$

$$=2,596\text{kJ}$$

$$1\text{m}^3_{\text{N}}=0.102\text{kWh}$$

$$=1,048\text{kJ}$$

とし、ガス焼き温水ボイラの熱効率を90%と仮定するとLabedyのエネルギーシステムの正味消費エネルギーはTable 1.1.19のようになる。

Table 1.1.19 Net Energy Consumption in Energy System

Process	Unit	Consumed Energy	Generated Energy	Net Energy Consumption
Cooling water	GJ/y	54,188	28,071	26,117
Compressed air	GJ/y	63,515	42,358	21,157
Hot water-Boiler	GJ/y	98,357	73,998	24,359
Total	GJ/y	216,060	144,427	71,633

本表により求めた正味消費エネルギー71,633GJをLabedyの実績値で割ると7.1%が得られる。(Table 1.1.10 参照) エネルギーシステムの効率化によりLabedyのエネルギー原単位は7.1% (301MJ/t-product) 改善できることを示している。

1) 冷却水等水システムの電力削減 0.146kWh/m<sup>3</sup>

Huta Labedyは、製品トン当りの水原単位は24.3m<sup>3</sup>/tと低い一方水1m<sup>3</sup>当たりの電力原単位が0.488kWh/m<sup>3</sup>と著しく悪いのが特徴的である。

冷却水系の電力原単位が悪い原因として以下の点が指摘できる。

- ・冷却水ポンプと消費工場が離れている。近い工場と遠い工場に同一ポンプで送水している。
- ・ポンプ仕様と必要実仕様の間には差がありすぎて、ポンプ吐出弁を絞って運転している。
- ・冷却塔ファンが必要時間以上運転されている。
- ・水システムがオープンサイクルになっている。

今回の工場調査では詳しい調査ができなかったが、日本の同様工場との比較から以下の検討対策により省エネルギーを推進すれば約30%電力原単位が低減できる。

① 冷却水必要量の調査および削減

プロセスに何故、その水量が必要か、出入口温度差、流速等を考慮しながら検討し、冷却水量を減らす。

② 最適送水システムの検討

システムのポンプ軸動力の和が最小になるように、送水ポンプ、冷却塔給水ポンプ等の仕様を見直し、必要な箇所にポンプを増設 (例:中形ミル) し、ポンプを廃止 (例:冷却塔送水ポンプ) することを検討する。なお、プロセス側の流量変動が激しい場合はインバーターによる回転数制御ポンプの採用も検討する。

③ ポンプ運転台数を常に最小にする運転計画の検討

各プロセスが操業中止 (例:メンテナンスのための停止) した時の送水プランおよび冷却水ポンプの運転計画をつくり、不必要なポンプ運転をしない。

④ ポンプの性能回復

ポンプ効率が低下したものはメンテナンスにより回復する。

⑤ ポンプの余分な能力を削減

ポンプインベラ交換またはポンプインベラカットにより、ポンプのオーバースペックを修正する。

⑥ 冷却塔ファンを冷却水温度により運転・停止するよう自動化する。

2) 空気圧縮機電力の削減  $0.019\text{kWh}/\text{m}^3_{\text{N}}$

空気圧縮機の 1996 年における年間使用電力量は 5,830MWh で、年間送気量は  $40,468 \times 10^3\text{m}^3_{\text{N}}$  である。したがって、送気原単位は  $40,468/5,830=6.94\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kWh}$  となり原単位としては低い。日本の送気原単位

でも  $9\text{m}^3/\text{kWh}$  に達している例もあり、一方 Labedy に於ける測定では  $\text{MAX.}5,400\text{m}^3$  送気時に  $640\text{kW}$  (推定) であり、この場合の原単位でも  $8.44\text{m}^3/\text{kWh}$  程度と良い結果を得ている。しかし、低負荷で  $3,500\text{m}^3$  送気時にも使用電力は殆ど変動せず、無駄な電力を使用しており制御システムが不適切である。ターボ圧縮機の場合、吸込ベーン制御の採用により 70% 負荷程度までは効率良く運転できるので制御システムの改善を考えるべきである。

制御システム改善により少なくとも送気原単位  $8\text{m}^3/\text{kWh}$  までの改善が可能となる。省電力量は  $5,830 - 40,468/8 = 772\text{MWh}$

したがって電力原単位の改善は  $772/40,468 = 0.019\text{kWh}/\text{m}^3$  となる。

電力原単位が極端に悪いのは、各プロセスの圧空需要変動に、Labedy のシステムがマッチングできないためである。したがってコンプレッサーに吸込ベーン制御装置を設置し、需要変動に対応可能とすることで低流量時の電力使用量を低減でき電力原単位も改善させることが可能となる。

エネルギーシステムを検討するに当たってまず必要なのは、需要の変動がどの位あるか調べて年間を通して一番効率のよいシステムを選定すべきであり、単に機器単体の効率が良いという理由で機器を選択すべきではない。

### 3) 温水ボイラの燃料削減 20,811GJ/y

既設温水ボイラの熱効率は84.4%あり、低い値ではない。しかしながら工場内余剰排熱を回収することで更に効率を上げ且つ燃料使用量を削減することが可能となる。排熱回収の対象としては中形工場が適しており、温水による熱回収を夏場を除く年間7ヶ月間実施するものと仮定すると  $6,121\text{GJ}/\text{y}$  の省エネルギーが可能となる。

$$200,500/\text{y} \times 25\text{Mcal}/\text{t} \times 0.5 \times 4.1868 \times \frac{1}{1,000} \times \frac{7}{12} = 6,121\text{GJ}/\text{y}$$

なお、上式では発生排熱の50%を回収することを前提とした。

即ち中形工場の加熱炉の燃料原単位は、ホットチャージローリングを導入した後においても  $250\text{Mcal}/\text{t}$  は必要であり、その排熱は少なくとも  $25\text{Mcal}/\text{h}$  以上あるものと想定されるので上記結果が得られる

この他 Labedy では電気炉の冷却水の熱回収を1997年より行なっており、以下の熱量を回収している。

$$200,500\text{t/y} \times 60\text{Mcal/t} \times 0.5 \times 4.1868 \times \frac{1}{1,000} \times \frac{7}{12} = 14,690 \text{ GJ/y}$$

#### 4) 照明の省電力 (Step1)

現状の全工場の水銀灯の消費電力および省エネルギーポテンシャルを本工場調査の結果全電力消費量に対し以下のとおり推定する。

工場のベース消費電力は約 6,000kW である。約 5%が照明電力と想定され約 300kW の消費量と推定される。

これらは殆ど水銀灯であり、演色性も殆ど問題にならないと思われるので、既にナトリウム灯化されている所を除き一部照度不足の部分を含めナトリウム灯に変換することが可能であり本変換により下記の省エネルギーを図ることができるものと予想される。なお、本調査結果に基づき全照明中約 7 割がナトリウム灯に変換可能と判断し且つ水銀灯からナトリウム灯への変換により 40%の省エネルギーが図れるものとした。

$$\text{省電力量 } 300 \times 0.7 \times 0.4 \times 8,760 = 736\text{MWh}$$

#### 5) 変圧器の省電力

POLESCO よりデータが得られた 28 台の変圧器のエネルギー損失につき Table 1.1.20 に基づき検討を行った。

その結果、中形ミル D650 の変圧器 3 台については効率が低く今後変圧器交換により省エネルギーの可能性が残されているものと判断できた。

Table 1.1.20 Transformer Energy Loss

Name of equipment	Primary /Secondary capacity	Transformer capacity	No load loss	Full load loss	Total loss	Full load efficiency	Maximum efficiency	Best efficiency	Afficiency	Payback year (Japan)	Payback year (Labeby)	Possibility	Lead maximum efficiency	L.F at maximum efficiency
	(kV)	(kVA)	(kW)	(kW)	(kW)	(%)	(%)	(%)	(%)				(%)	(%)
110 kV receiving	115.6.3	16,000	16.25	96.402	112.652	99.30	99.51	99.5	-0.008	-	-	x	6,569	41.1
Compressor TR1	6/0.4	1,000	1.668	10.148	11.816	98.83	99.18	99.1	-0.084	-	-	x	465	40.5
Compressor TR2	6/0.4	1,000	1.668	10.148	11.816	98.83	99.18	99.1	-0.084	-	-	x	465	40.5
Compressor TR3	6/0.4	200	(1.1)	(3.8)	(4.9)	(97.61)								
Medium mill D750 TR1	6/0.4	250												
Medium mill D750 TR2	6/0.5	800	1.86	11.23	13.09	98.39	98.87	99.05	0.180	15.6	61.0	x	326	49.7
Medium mill D650 TR1	6/0.5	800	3.6	13.2	16.8	97.94	98.31	99.05	0.744	2.9	11.5	△	418	52.2
Medium mill D650 TR2	6/0.5	800	3.6	13.2	16.8	97.94	98.31	99.05	0.744	2.9	11.5	△	418	52.2
Medium mill D650 TR3	6/0.5	800	3.6	13.2	16.8	97.94	98.31	99.05	0.744	2.9	11.5	△	418	52.2
Medium mill D650 TR4	6/0.5	800	2	10.964	12.964	98.41	98.84	99.05	0.207	12.9	50.4	x	342	43.7
Beam TR1	6/0.5	1,000	1.916	10.917	12.833	98.73	99.09	99.1	0.006	425.1	1661.6	x	419	41.9
Beam TR2	6/0.4	250	0.813	3.63	4.443	98.25	98.64	98.8	0.156	15.5	60.6	x	118	47.3
Ingot LAB. TR	6/0.4	315	0.789	5.1	5.889	98.16	98.74	98.85	0.108	27.0	105.1	x	124	39.3
Ingot DYREK. TR	6/0.4	250	0.819	3.612	4.431	98.26	98.64	98.8	0.157	15.2	59.6	x	119	47.6
Ingot TR1	6/0.525	1,000	2.2	10.566	13.166	98.70	98.03	99.1	0.073	35.0	136.9	x	448	44.8
Ingot TR2	6/0.525	1,000	2.2	10.566	13.166	98.70	99.03	99.1	0.073	35.0	136.9	x	448	44.8
Ingot TR3	6/0.4	250	0.813	3.612	4.425	98.26	98.65	98.8	0.152	15.8	61.7	x	119	47.4
Pump TR1	6/0.5	800	1.62	9.222	10.842	98.66	99.04	99.05	0.007	386.5	1511.7	x	335	41.9
Pump TR2	6/0.5	800	2.5	11.1	13.6	98.33	98.70	99.05	0.350	6.9	26.9	x	380	42.5
Plate mill TR1	6/0.525	500												
Plate mill TR2	6/0.525	500												
Plate mill TR	6/0.23	125												
Welding Kiosk TR1	6/0.4	315	0.99	5.2	6.19	98.07	98.58	98.65	0.270	9.7	37.9		137	43.6
Welding Kiosk TR2	6/0.4	400	0.972	5.435	6.407	98.42	98.86	98.9	0.036	74.6	291.8		169	42.3
Welding Zbyt TR1	6/0.5	500	1.46	7.7	9.16	98.20	98.68	98.94	0.263	10.0	38.9		218	43.5
Welding Zbyt TR2	6/0.4	400	1.242	5.21	6.452	98.41	98.74	98.9	0.156	15.0	58.6		195	48.8
Welding Blach TR1	6/0.5	800	1.7	9.095	10.795	98.67	99.03	99.05	0.023	112.6	440.0		316	43.2
Welding Blach TR2	6/0.4	1,000												
Best of Poland		1,000	1.65	9	10.65	98.95	99.24						428	42.8

6) 電動機の容量チェック

電流測定結果を Table 1.1.21 に示す。測定結果から見ると加熱炉用ファン 75kW およびクーリングタワーへの送水ポンプ 70kW が負荷電流で定格電流の 70%を下回っており、電動機の適正容量化により省エネルギーの可能性がある。但し、この測定はスポット測定であり、水量の変動がどの程度か測定を行い、工場運転の長期予測 (水量削減を含む) を考慮してインバータ化を含め検討すべきである。

インバータによる効率向上 20%とすると、

$$(70 \times 0.584 + 75 \times 0.589) \times 8,750 \times 0.9 \times 0.2 = 134 \text{MWh/y}$$

Table 1.1.21 Result of Current Measurement

Name of equipment	Kind of motor	Motor output (kW)	Actual input (kW)	M.O/A.I ratio	Rating current (A)	Actual current (A)	IA/IR ratio (%)	Control method	Speed control
Pump to tower (clear)	Induction	150	-	-	225	184	81.78		
Pump to factory (clear)	Induction	125	-	-	175	123.7	70.69		
Pump to factory (clear)	Induction	125	-	-	175	124.4	71.09		
Pump to factory (dirty)	Induction	70	-	-	128	74.8	58.44		
Pump to factory (dirty)	Induction	70	-	-	102	69.1	67.75	Frequency	Inverter
Fan for heating furnace	Induction	75	-	-	102	60.1	58.92		
Plate roll mill	Induction	750	-	-	112	60-90			

#### (4) 支保工およびクランプ加工工場

過去5年間の電力原単位の推移をみると、そのベストデータである1992年が確実な実現可能改善目標値となる。

1992年においてYokeおよびCramp加工工場の電力原単位は108.9kWh/tが得られている。加工工場の電力原単位を低減する方法は作業能率 (t/h) を上げるのが一番確かな方法であるので、作業能率を管理指標に選びその増減原因を調査し、改善を行なうことにより108.9kWh/tが継続して達成できるようになると、電力原単位が50kWh/t低下する。

#### (5) その他

今回の調査では、Othersのエネルギー使用状況を充分調査する時間がなかったが、Othersのエネルギー使用量が多い理由として次の要因が推定できる。

- ・生産量が低い一方、敷地面積が広すぎる上工場、現場事務所およびメンテナンス場が分散配置されている。
- ・屋根の高い建物を全部暖房している箇所があり暖房効率が悪い。

したがって、工場のリストラを行なうにはそれぞれのプロセスをベストにするだけではなく、工場全体のレイアウトを考えなおしコンパクトな工場にする必要がある。

##### 1) 工場の集中化 16,879GJ/y

リストラを実施するに当たり、まず各プラント (工場) のレイアウトを検討し、できるだけ1ヶ所に集中させるとともに、現場事務所およびメンテナンス工場を1ヶ所に統合させたい。

既にELSTALに最新鋭の電気炉が設置され、CCも併設されているので物流コストが最小になるようにレイアウトを検討し、設備および工場の移設、新設を順次実施、工場を集約させていきたい。

この集中化により暖房用温水は3分の1程度削減できるうえ、人の効率化、冷却水、圧縮空気の電力低減、電力および圧縮空気のロスの低減等が期待できる。



## 2) 暖房計画の見直し

暖房エネルギーは延床面積当り2,853MJ/m<sup>2</sup>/y (681Mcal/m<sup>2</sup>/y)、製品トン当り311GJ/使用されている。

大きい建屋の暖房効率は著るしく劣るので、オペレーターが作業する場所のみ局所暖房するか、または上部の熱を下方に還流させる方式の採用等暖房計画の見直しが望まれる。

### 1.1.4.3 省エネルギーポテンシャルのまとめ

#### (1) 省エネルギーによる環境改善効果

省エネルギーによって燃料の使用量が低減されれば、大気中への汚染物質の排出量も減る。また省エネルギーによって電力の購入量が低減されれば、電力の発生もとすなわち発電所において大気中への汚染物質の排出量が低減される。この省エネルギーによる排出量の低減は、省エネルギー量のほか燃料の種類やボイラーなど装置別に異なる。したがって各工場の実際の排出量を用いて、汚染物質の低減量を推計するのが正しい。しかし、ここでは、ポーランド全体へのスタディとの整合を取るために、The Institute of Environmental Protectionの資料による業種別・燃料別の単位排出量 (汚染物質トン/燃料熱量TJ) をもとにして算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 1.1.22に示す。

Table 1.1.22 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0	8,162	1.0	128.6	0.2
Step 1	3,291	0.6	51.8	0.1
Step 2	1,230	0.8	19.2	0.1
Step 3	3,225	0.2	50.8	0.1
Step 1-3	7,747	1.7	121.9	0.2

Reduction includes emission from fuel and electricity.

またポーランドでは、汚染物質の排出者は排出料金 (fee) を支払う制度があるので、省エネルギーによって排出料金が低減される。排出料金の単価は、汚染物質別に定められている。またある量を超えた排出量に対しては課徴金

(charge) が課せらる。課徴金の単価は排出料金の100倍とされている。以下に記載する金額は通常の排出料金である。

工場調査をもとに提言された省エネルギー項目に対して、汚染物質の排出低減量、排出料金の低減額を計算した結果をTable 1.1.23に示す。またこの表には、排出料金の低減効果を含んだ省エネルギー投資の回収期間と、それを含まない燃料費低減だけによる投資回収期間を併記している。

**Table 1.1.23 Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction**

Measures	Energy cost advantage	Emission fee advantage	Total advantage	Investment	Eco-Environ PBP	Economical PBP
Step 0	2,374	40.1	2,414	0	0.00	0.00
Step 1	1,117	16.2	1,134	57	0.05	0.05
Step 2	848	6.2	855	2,853	3.34	3.36
Step 3	795	15.8	811	1,429	1.76	1.80
Step 1-3	2,761	38.3	2,799	4,339	1.55	1.57

Units: Thousand PLN or thousand PLN/y for expense, Year for PBP

このTable 1.1.23に見るとおり、排出料金の低減額はエネルギー費用の低減額に比して大きくても数%程度であり、このため排出料金の低減が投資回収期間に及ぼす短縮効果も僅少である。

この工場では、Step 3の項目において投資回収年数が小さく記されているが、これらの改善項目ではホットチャージなど生産プロセスの変更が含まれており、技術管理の確立が必要である。

## (2) 省エネルギーポテンシャルのまとめ

工場の省エネルギーポテンシャルはTable 1.1.24に示す。

Excellent factoryのエネルギー消費原単位をベンチマークとした省エネルギーポテンシャルと第1、第2、第3ステップの省エネルギー対策をFigure 1.1.9に示す。省エネルギーポテンシャルと投資回収期間および投資金額の関係をFigure 1.1.10に示す。

Table 1.1.24 Summary of Energy Conservation Potential

Item	Energy Conservation Potential					Total 10 <sup>3</sup> PLN/y	Investment Payback		
	GJ/y	10 <sup>3</sup> PLN/y	%	MWh/y	Electricity 10 <sup>3</sup> PLN/y		%	10 <sup>3</sup> PLN	period year
第0ステップ (実施中)									
1 大形工場休止 (平炉の電気炉化)	127,986	1,802	18.8	2,123	365	5.7	2,167	0	
2 電気炉冷却水の熱回収	14,690	207	2.2				207	0	
小計	142,676	2,009	21.0	2,123	365	5.7	2,374	0	
第1ステップ									
3 中形工場 圧延歩留り向上	8,220	116	1.2	361	62	1.0	178	0	
4 中形工場 加熱炉空気比改善	5,614	79	0.8				79	0	
5 中形工場 保熱基準改善	5,012	71	0.7				71	0	
6 厚板工場 歩留り向上	2,970	42	0.4	97	17	0.3	59	0	
7 厚板工場 工程管理、加熱炉保熱及び昇熱基準改善	19,138	270	2.8				270	0	
8 厚板工場 加熱炉低負荷時の操業基準改善	12,311	173	1.8				173	0	
9 厚板工場 加熱炉空気比改善	1,800	25	0.3				25	0	
10 厚板工場 閉口炉シール強化	2,342	33	0.3				33	57	
11 厚板工場 圧延産率(vh)向上		571		571	98	1.5	98	0	
12 クラウン工場 生産産率(vh)向上		768		768	132	2.1	132	0	
小計	57,407	808	8.4	1,797	309	4.9	1,118	57	
第2ステップ									
13 中形工場 加熱炉セキックパイプ断熱	12,631	178	1.9				178	857	
14 厚板工場 加熱炉セキックパイプ断熱	7,169	101	1.1				101	571	
15 照明 ナトリウム灯への変更				736	127	2.0	127	432	
16 冷却水系省電力の推進				1,579	272	4.3	272	571	
17 空気圧縮機制御方法改善				772	133	2.1	133	286	
18 インバーターによる電動機回転数制御				134	23	0.4	23	124	
19 蒸気炉保溫	1,334	19	0.2				19	68	
小計	21,134	298	3.1	3,221	554	8.7	852	2,909	
第3ステップ									
20 中形工場 わットナジロリング導入	33,483	472	4.9				472	857	
21 中形工場 加熱炉排ガスより温水熱回収	6,121	86	0.9				86	571	
22 工場の集約化 (パイプ見直し)	16,879	238	2.5				238	0	
小計	56,483	795	8.3				795	1,429	
合計 (第1、2、3ステップ)	135,024	1,901	19.9	5,018	863	13.6	2,765	4,395	

注：工場の集約化 (レイアウト見直し) は、工場全体のリストラを実施する時に考慮すべきアイテムであるので、レイアウト変更による省エネルギーポテンシャルのみを推定した。

1996年 燃料消費量：679,979 GJ/y  
 電力消費量：36,940 MWh/y (378,929 GJ/y)  
 Total: 1,058,908 GJ/y

Figure 1.1.9 Labedy Energy Conservation Potential

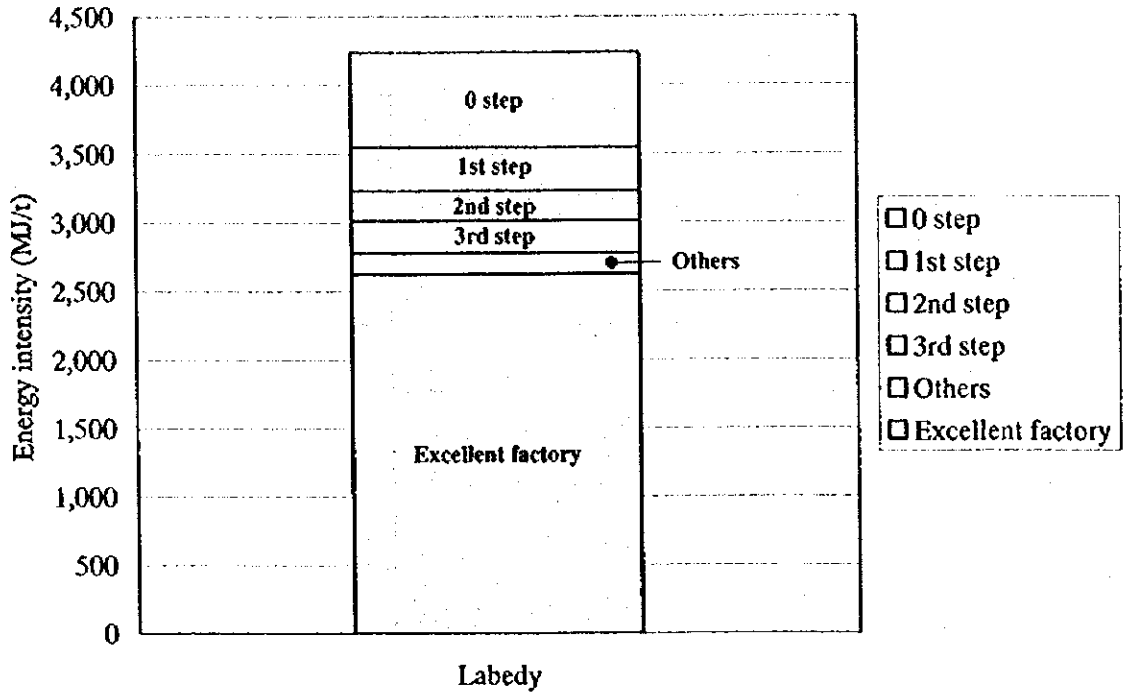
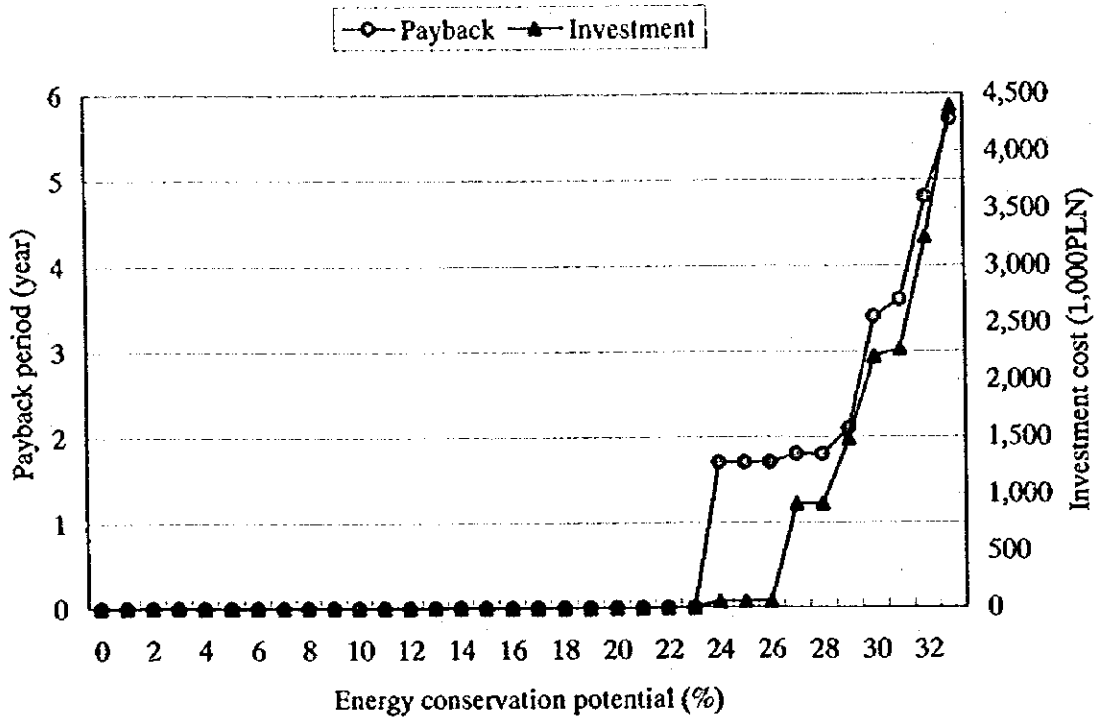


Figure 1.1.10 Labedy Energy Conservation Potential



## 1.2 Huta Ostrowiecの調査結果

### (1) 調査期間

1997年7月30日～8月1日

### (2) 調査員

#### a. JICA チーム

福島 演雄	: 総括、熱管理技術
丸山 征一郎	: プロセス管理技術
小西 二郎	: 熱管理技術
白井 千雄	: 電気管理技術
野沢 定雄	: 電気管理技術
小山田 明弘	: 測定技術

#### b. Local consultants

##### POLESCO Investment SA

Dr. Piotr Bortnowski	: Vice President
Dr. Tadeusz Kruczek	: Heat management
Dr. Marcin Szega	: Heat management
Dr. Joachim Bargiel	: Electricity management

### (3) 面接者

Eng. Hieronim Balcerczak	: Chief of Energy Department
M. Sc. Eng. Stanislaw Fabianski	: Head of Steel Department
M. Sc. Eng. Janusz Pichor	: Head of Forging Shop
M. Sc. Eng. Leszek Nawrot	: Head of Rolling Mill
M. Sc. Eng. Janusz Kwiatkowski	: Head of Energy Department
M. Sc. Eng. Wieslaw Gradziel	: Head of Energy Section of Rolling Mill
M. Sc. Eng. Andrzej Trzcinski	: Head of Electrical Department
M. Sc. Eng. Krzysztof Nowak	: Head of Automatic Section
Eng. Stanislaw Kasnele	: Head of Compressor Station
Eng. Karimierz Slarek	: Head of Pump Station

Eng. Bolestow Pawlok : Electricity  
Mr. Edward Kosciokek : Economist

### 1.2.1 工場の概要

- (1) 工場名 Huta Ostrowiec
- (2) 工場所在地 27-400 Ostrowiec Sw.ul.Samsonowicza 2
- (3) 従業員数 4,151名
- (4) 主要製品 異形棒鋼および鍛造品
- (5) 生産能力 異形棒鋼 600,000t/y、鍛造品 50,000t/y

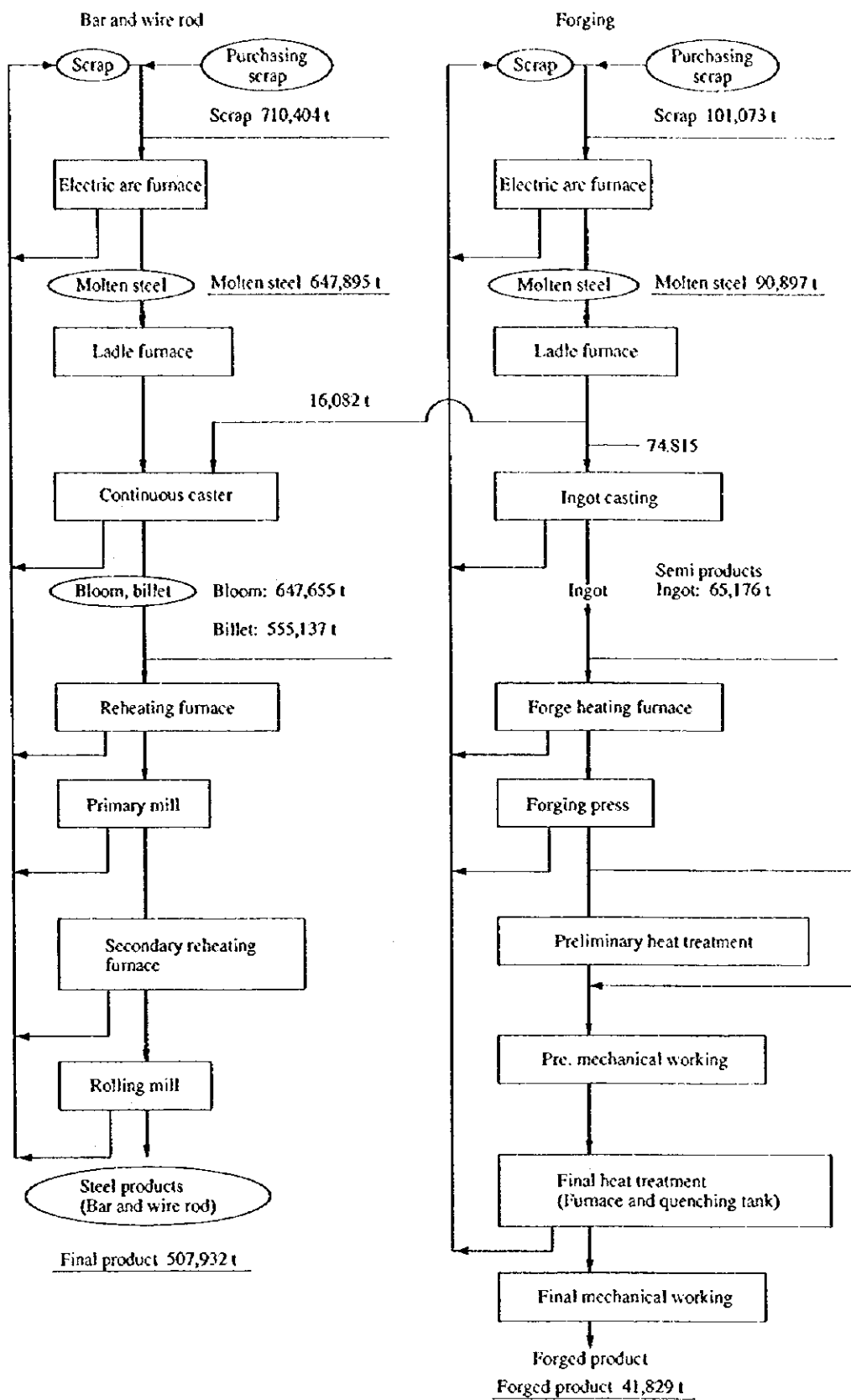
#### (6) プロセス概要

Huta Ostrowiecは、電気炉工場、圧延工場および鍛造工場をもっていて、異形棒鋼および船用クランクシャフト、プロペラシャフト等の鍛造製品を生産する、いわゆる電炉工場である。その製造工程図をFigure 1.2.1に示す。

#### (7) 工場の沿革

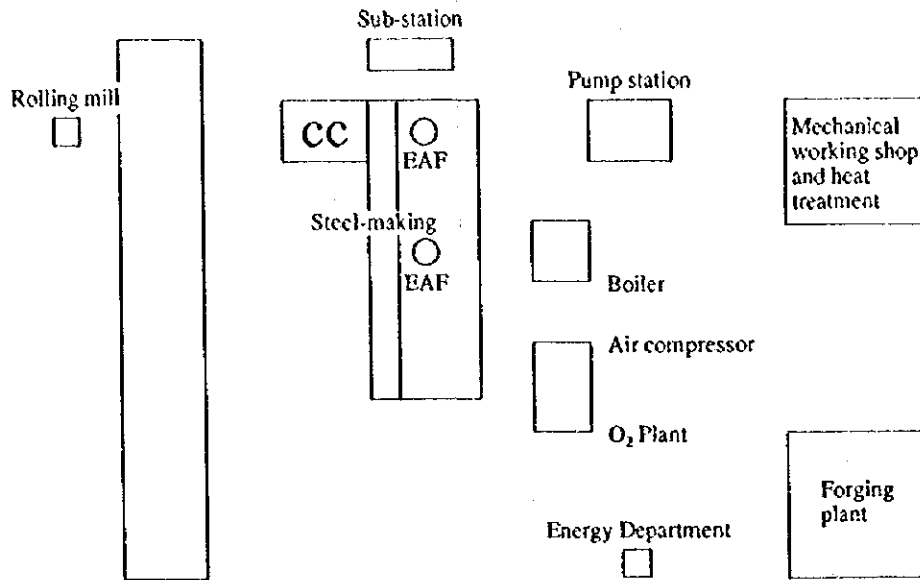
1913年に会社設立。第2次世界大戦後現在地に製鋼所を建設した。連続鋳造設備をポーランドで初めて導入したが、現在圧延工場および連続鋳造設備の改造工事にとりかかっている、リストラを推進中である。工場はISO 9001の認定を取得していて、鍛造品はロイド船級協会等の認定を受けており、製品の品質管理に力を入れている。

Figure 1.2.1 Process Flow



(8) Plant layout

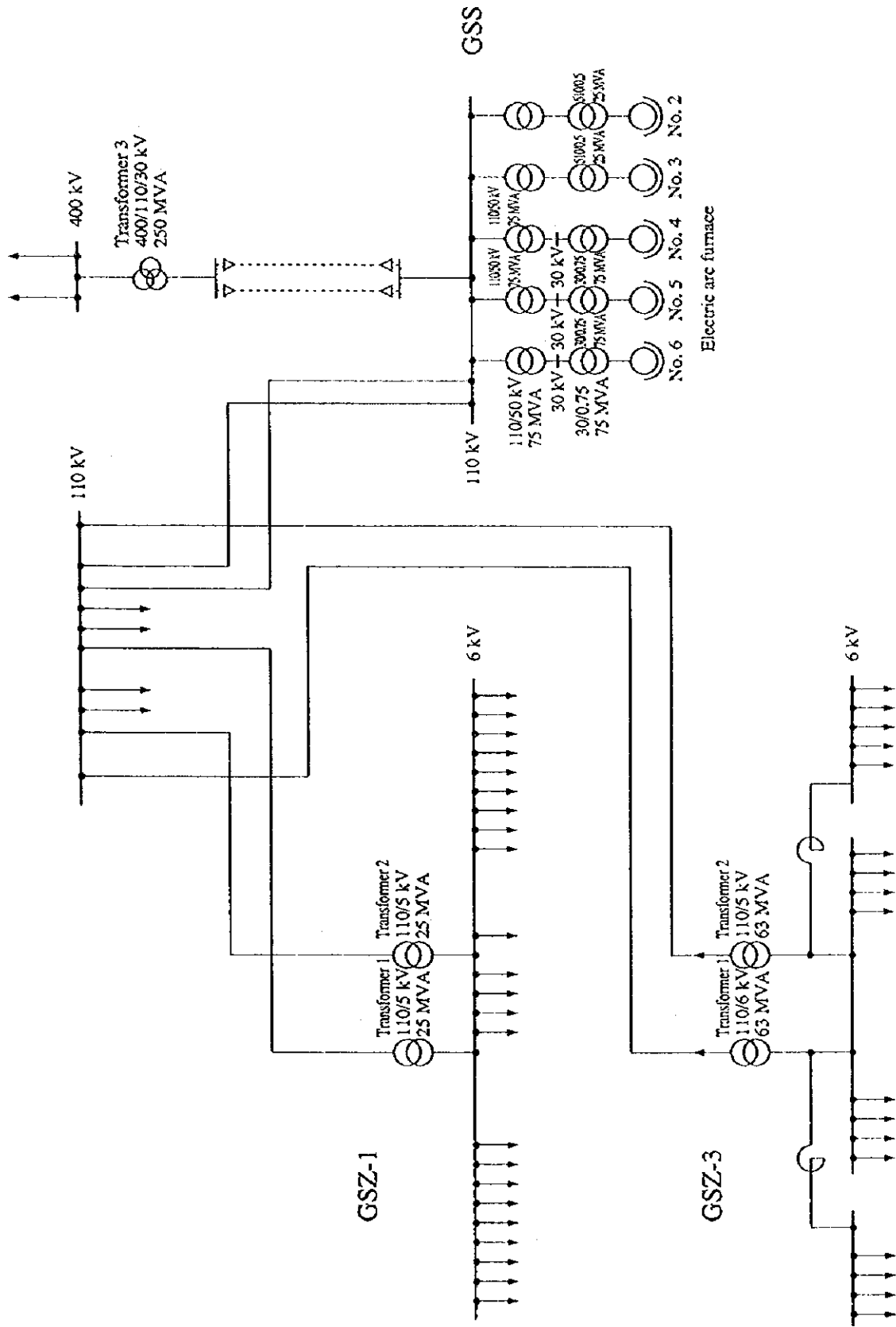
Figure 1.2.2 Plant Layout





(9) 電力単線結線図

Figure 1.2.3 One Line Diagram



## (10)主要設備の概要

Table 1.2.1 Major Equipment

Process	Equipment	Number	Specification
<b>Bar and wire rod line</b>			
Steel-making	Electric arc furnace	2	140 t/ch-EBT, 75 MVA
	Ladle furnace	1	140 t/ch 75 MVA
	Continuous caster	2	4 strands/each, 220 × 220 Bloom
Rolling mill	Reheating furnace	1	200 t/h, 12.6 m × 25.0 mL
	Secondary reheating furnace	1	180 t/h, 18 m × 13 mL
	Bar mill	1	200 t/h, product 8 ~ 32 mmφ Maximum rolling speed 20 m/s Full continuous bar mill
<b>Forging line</b>			
Steel-making	Electric arc furnace	1	70 t/ch-EBT, 25 MVA
	Ladle furnace	1	70 t/ch 25 MVA
	Degassing process	1	
	Ingot caster	-	Bottom pouring
Forging shop	Forge heating furnace	28	Batch type
	Forging press	5	8,000 ~ 800 t
	Mechanical working shop	1	
	Heat treatment furnace	-	Batch type

## (11) エネルギー価格

Table 1.2.2 Energy Price and Heat Value

	Energy Price		Heat Value
Electricity	127.58 PLN/MWh	(Jun. 1997)	10,258 kJ/kWh
Natural gas	0.4798 PLN/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> (13.5 PLN/MJ)	(Jun. 1997)	35,532 kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
Gasoline	1.7 PLN/L	(Jun. 1997)	-
Hot water	12.05 PLN/GJ	(Apr. 1996)	-
Steam	13.14 PLN/GJ	(Jun. 1996)	-
Coke			27,100 kJ/kg

## 1.2.2 エネルギー消費の状況

### (1) 生産量の推移

Table 1.2.3 Trend of Production

	Unit	1993	1994	1995	1996
Deformed bar	t	388,839	529,386	485,759	507,932
Forged product	t	44,401	55,182	48,107	41,829
(Crude steel)	t	(496,177)	(645,277)	(723,419)	(712,831)

### (2) エネルギー消費量の推移

Table 1.2.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	kL	42,674	38,424	0	0
Natural gas	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	50,257	41,133	84,063	83,395
Electricity	MWh	503,774	410,653	634,620	624,829
Steam and hot water	GJ	526,100	553,642	490,737	455,901
Liquid oxygen	t	-	-	393	1,722

### (3) エネルギー消費原単位の推移

Table 1.2.5 Trend of Energy Consumption and Energy Intensity

	Unit	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	GJ	1,677,088	1,510,063	0	0
Natural gas	GJ	1,785,732	1,461,538	2,986,927	2,963,191
Electricity	GJ	5,167,714	4,212,478	6,509,932	6,409,496
Steam and hot water	GJ	526,100	553,642	490,737	455,901
Liquid oxygen	GJ	-	-	4,233	18,546
Total		9,156,634	7,737,721	9,991,829	9,847,134
Energy intensity	MJ/t-crude steel	18,454	11,991	13,812	13,814
	(Mcal/t-crude steel)	(4,408)	(2,864)	(3,299)	(3,299)

Electricity equivalent calorie: 2,450 kcal/kWh

Liquid oxygen equivalent calorie: 10,770 kJ/kg

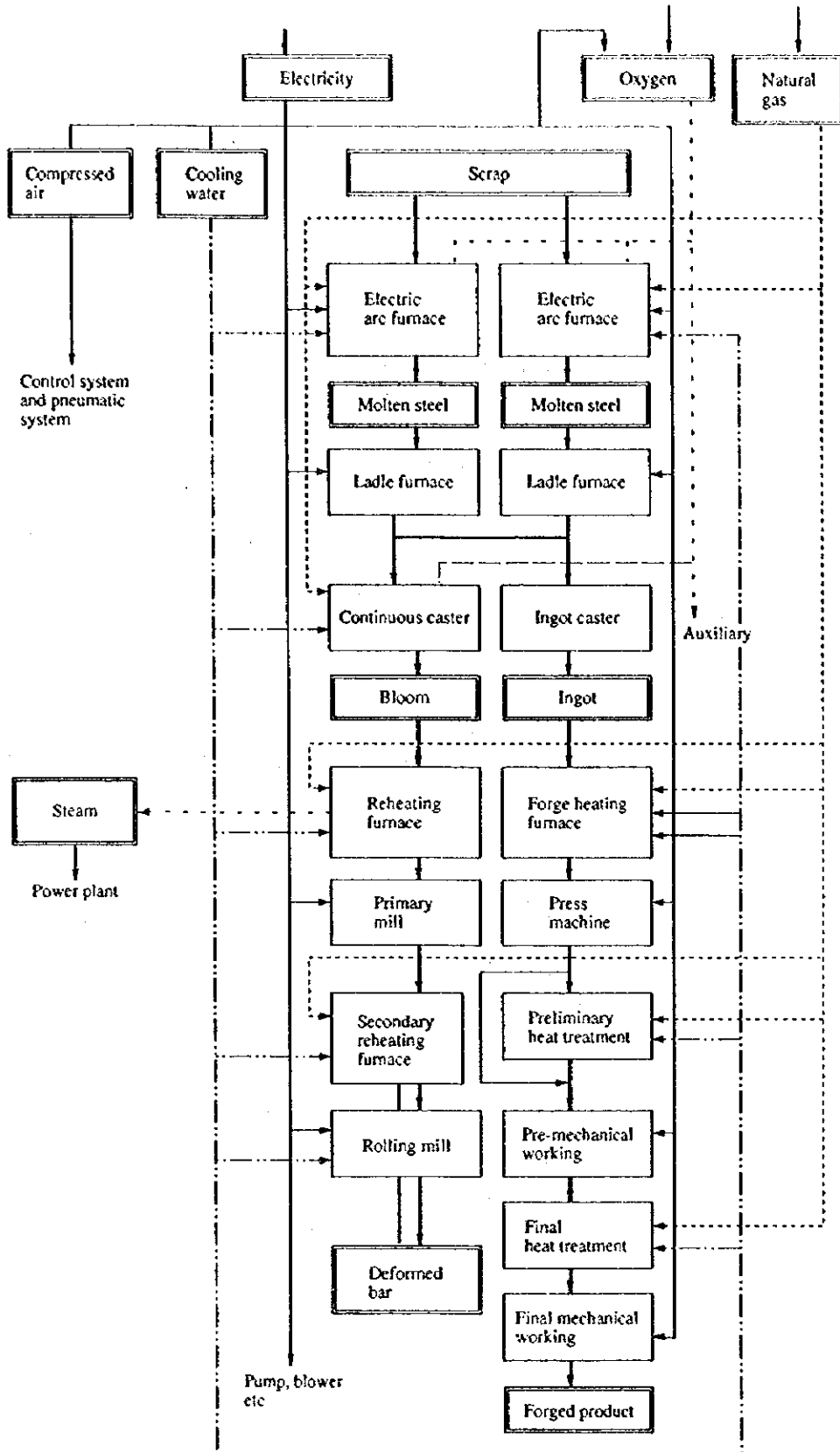
### (4) 販売コストに占めるエネルギーコストの割合

本工場の製品製造コストに占めるエネルギーコストの割合は約18.7%である。

### (5) エネルギーフロー

購入エネルギーは、電力 (65%) および天然ガス (30%) が大部分を占め、蒸気およびホットウォーターも全量購入している。電力は、電気炉や圧延機に使用される他、酸素プラント・圧縮空気プラントおよび冷却水システムで使用されている。酸素・窒素・圧縮空気・冷却水は各プラントに供給使用されている。天然ガスは直接燃料として各プラントで使用されている。なお、圧延加熱炉スキッド冷却には蒸発冷却システムが採用されており、発生蒸気は隣接の発電所に送気され使用されている。エネルギーフローをFigure 1.2.4に示す。

Figure 1.2.4 Energy Flow



### 1.2.3 エネルギー管理の状況

#### (1) 省エネルギー目標の設定

##### a. 目標値の設定

工場全体として目標値は設定されていない。しかし、各プロセス毎にはエネルギー原単位目標値が設定されている。

##### b. 省エネルギー推進に当たった問題点

資金難が一番の問題と考えているが、外部資本の導入やESCO事業で対応し、エネルギー転換プロセス(例:酸素プラント)に関しては効率の悪い自社設備の使用を中止し、外部から購入する方式に変更し専業他社の省エネ努力に期待する方針をとっている。技術的問題はない。

#### (2) 組織的な活動

##### a. 省エネルギー専従部署の設置

設置されていないが、エネルギー部が各部門をリードし、各部門の活動成果を評価している。

##### b. 省エネルギー委員会の設置

設置されていない。

##### c. 経営者のスタンス

他社および輸入品との競争に打ち勝つため、コストダウンおよびリストラ推進を最重要課題と考えており、省エネルギーもその1つと考え重要視している。

##### d. 人事評価のしくみ

省エネルギー活動だけをとりあげ、人事評価に反映させる制度はない。しかし、コストダウンやリストラ推進に貢献した者は成果に応じ相応に評価されるシステムとなっている。

### (3) データに基づく管理

#### a. エネルギー使用量の把握

エネルギー使用量は把握されている。

#### b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

主要設備にはメーターが取付けられ、使用量が把握されている。

#### c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

主要製品は工程別に、エネルギー別に原単位が把握されている。総合エネルギー原単位は把握されていない。

#### d. 計測器の設置

主要設備毎に計測器が設置されている。

#### e. 生産管理、原価管理

生産管理、原価管理は行なわれている。

しかしながら、エネルギー使用量を最小とするような工程管理（工程間の調整）を実施するレベルには至っていない。

### (4) 従業員の教育

#### a. 表彰制度

コスト削減に貢献した場合その貢献度により表彰金を渡し表彰する制度が確立されており、成果をあげ得ている。

### (5) 設備管理

#### a. 計画的整備体制について

年間の整備計画をつくり、計画的に設備管理が行われている。

しかし、設備が老朽化しており工事量が多く且つ工事期間も長いため、稼働率を低下させる結果となっている。計画的に設備改善を実施し工事期間

を短縮すると共に年間生産量を増加させ、凡つ工事費用を減少させるよう検討計画していく必要がある。

b. 設備管理状況

全体的によく維持管理されている。

1.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

1.2.4.1 Excellent factory とのエネルギー消費原単位比較

当工場は、異形棒鋼と鍛造製品が主製品である。異形棒鋼生産プロセスは全消費エネルギーの68%、鍛造品生産プロセスの消費エネルギーが25.0%、その他のプロセスが7.0%を消費している。鍛造製品生産プロセスのエネルギー原単位は生産している製品により大きく原単位が異なるので、他社と比較してもあまり意味がないが参考値としてバッチ炉をもつ会社の平均値を（ ）に示す。

Table 1.2.6 Comparison of Energy Intensity

	Unit	Ostrowiec	Excellent factory	Difference
Deformed bar production proces	MJ/t-deformed bar	12,080	7,128	4,952
EAF and continuous casting	MJ/t-molten steel	7,069	5,147	1,922
Rolling mill (507,932 t)	MJ/t-deformed bar	4,159	1,768	2,391
Forged product	MJ/t-product	55,067	(34,351)	20,716
EAF and ingot casting	MJ/t-molten steel	9,429	6,856	2,573
Forging plant (41,829 t)	MJ/t-product	38,202	(22,088)	16,114
Total (549,761 t)	MJ/t-product	15,351''	(9,199)	6,152
(Note) Continuous casting yield	%	97.54	99.0	
Rolling mill yield	%	91.50	97.0	
Forged product/molten steel	%	55.91	(55.91)	

上述のとおり Forging plant に関しては製造品の種類・サイズ・品質等によりエネルギー原単位が大幅に異なるため、一概に比較することには無理があるため、Forging plant のエネルギー原単位を除いて本工場の生産プロセスの省エネルギーポテンシャルを推定すると以下ようになる。



$$\left\{ \frac{549,761 \times 6,152 - (38,202 - 22,088) \times 41,829}{15,351 \times 549,761} \right\} \times 0.93 \times 100 = 29.8\%$$

参考までにForging plantのエネルギー原単位がexcellent company並に低下可能とした場合は以下のとおりとなる。

$$\frac{6,152}{15,351} \times 0.93 \times 100 = 37.3\%$$

なお、本計算では既述“その他プロセス7%”は対象外とした。

#### 1.2.4.2 省エネルギーポテンシャルの推定

省エネルギーのステップは下記のように3つに分類する。

第1ステップ：管理強化によるもの

第2ステップ：設備改善によるもの

第3ステップ：プロセス改善によるもの

##### (1) プロセス別省エネルギーポテンシャルの推定

当工場の各プロセスを正味エネルギー消費量の多い順に並べるとTable 1.2.7のとおり。

Table 1.2.7 Energy Consumption by Process

Process	Energy consumption	Energy generation	Unit: GJ/y	
			Net consumption	Percentage (%)
a. Electric arc furnace (140-ton) and continuous caster	4,580,103	0	4,580,103	46.5
b. Rolling mill	2,112,398	0	2,112,398	21.5
c. Forging equipment	1,597,958	0	1,597,958	16.2
d. Electric arc furnace (70-ton) and ingot-making equipment	857,056	0	857,056	8.7
e. Others	506,576	0	506,576	5.2
f. Oxygen plant	232,222	100,131	132,091	1.3
g. Air compressor	156,542	115,747	40,795	0.4
h. Water system	304,191	289,099	15,092	0.2
Total	10,347,045	504,977	9,842,068	100

a. 電気炉 (140t) および連铸 (CC)

a1. 外部要因による差

特に大きな差異は無い。強いて言えば以下の点が指摘できる。

- ・日本の代表的電炉業者 (Excellent-factory) は電気料金の高い時間帯である weekdayの昼間14時間内に集中して炉を停止し、製造コスト低減を図る特殊な操業形態をとっている。
- ・反面この停止がエネルギーの損失比率を上昇させる結果を招きエネルギー原単位を悪化させる要因となっている。

a2. 技術要因による差

1) 製鋼工場のエネルギー原単位比較

Table 1.2.8に1996年度の本工場とExcellent factoryのエネルギー原単位の比較を示した。表中Excellent factoryのエネルギー原単位は、もし製造コストを無視し上記の停止を回避できれば更に若干の改善の可能性はある。

Table 1.2.8 Comparison of Energy Intensity with Steel-making Plant in 1996

	Unit	Ostrowiec		Excellent factory	
Electricity (Total)	Unit	6,099	(595 kWh/t)	4,411	(430 kWh/t)
EAF + LF	MJ/t-steel	5,674	(553 kWh/t)	3,488	(340 kWh/t)
CC and auxiliary equipment	MJ/t-steel	425	(42 kWh/t)	} (90 kWh/t)	
Compressed air	MJ/t-steel	65	(*6 kWh/t)		
Oxygen and argon	MJ/t-steel	149	(*15 kWh/t)		
Cooling water	MJ/t-steel	170	(*17 kWh/t)		
Natural gas	MJ/t-steel	586	(* 16 m <sup>3</sup> /t)		
Carbon and Aluminum	MJ/t-steel	?		435	
Oil and others	MJ/t-steel	-		301	
Total	MJ/t-steel	7,069	(1,688 Mcal/t)	5,147	(1,229 Mcal/t)

(Note) \* means equivalent calorie in kWh and equivalent heat values of these types of energy are as follows:

- Compressed air 1 m<sup>3</sup><sub>N</sub> = 1.0467 MJ = 0.102 kWh
- Oxygen 1 m<sup>3</sup><sub>N</sub> = 6.6989 MJ = 0.653 kWh
- Argon 1 m<sup>3</sup><sub>N</sub> = 15.386 MJ = 1.500 kWh
- Cooling water 1 m<sup>3</sup> = 2.5928 MJ = 0.253 kWh

### 2) 電気炉・レードルファーンネスのオペレーションインデックスの比較

Steel-making processの消費エネルギーの大部分を占めるのは、電気炉+LFである。Ostrowiecの電気炉+LFの電力原単位は、カーボン・インジェクションの効果により、Tap-to-tap時間は最近114分 (1996年は120分) まで下がり、電力原単位は553kWh/tから509kWh/tまで改善されている。最近のOstrowiecのデータとExcellent-factoryのデータを比較するとTable 1.2.9のようになる。

Table 1.2.9 Comparison of Energy Intensity of Electric Arc Furnace (EAF) and Ladle Furnace (LF)

	Ostrowiec		Excellent factory		Remarks
Capacity	EBT 140 t/ch		EBT 50 t/ch		
Transformer capacity	75 MVA		35 MVA		
Tap-to-tap	EAF 114 min		EAF 56.1 min		
Tapping weight	123 ~ 125 t/ch		65 t/ch		
Tapping temperature	1,600 °C		1,625 °C		
Electricity EAF	1,247	(474 kWh/t)	<292> 833	(340 kWh/t)	2,450 kcal/kWh
LF	<438>	(35 kWh/t)	0	(0)	
Oxygen	40	(25 m <sup>3</sup> /t)	53	(33 m <sup>3</sup> /t)	1,600 kcal/m <sup>3</sup>
Carbon injection	49	(7 kg/t)	83	(Carbon: 9.8 kg/t)	7,055 kcal/kg
			(Al dross: 4.7 kg/t)		2,963 kcal/kg
Oil injection	0	(0)	27	(3 L/t)	8,900 kcal/L
Electrode consumption	22	(2.83 kg/t)	13	(1.7 kg/t)	7,837 kcal/kg
Total	<549> 1,358		<468> 1,009 Mcal/t		Difference <81> 349 Mcal/t

(note) < > is calculated as equivalent calorie, 1 kWh = 860 kcal

### 3) 原単位の低減方法

比較対照のExcellent-factoryの電気炉は、公称50t/ch (65t/ch出鋼) と小さいので、Ostrowiecの140t/ch炉の方がエネルギー損失の比率が小さくなり原単位的に有利であるはずである。Ostrowiecは酸素使用量が25m<sup>3</sup>/t、カーボンインジェクションが7kg/tもあるにもかかわらず、電力原単位がExcellent factoryの電気炉に比べて30~50kWh/t位高い。これは、電気炉容量とCCおよび圧延の能力がマッチングしていないため、Tap-to-tap時間を短くできず結果的にエネルギー原単位が悪くなっている。

Tap-to-tap時間を短かくするには電気炉の操業改善および電気炉とCCおよび圧延と操業をマッチングさせる必要がある。

Ostrowiecはレードルファーンネス (LF) を持っているので、LFの能力を充分活用し最終的にはTap-to-tap時間を70分弱まで短縮し、電気炉 (140t) 1基+LF1基+CC2基で操業するよう設備および操業改善を実施したい。

Tap-to-tap時間を短かくすることは、電気炉の生産性を増加させることを意味する。電力を他燃料で代替しながら、投入エネルギーを増やし単位時間当りの溶解速度を上昇させることでTap-to-tap時間の短縮をはかり、炉体冷却損失や放熱損失等によるエネルギー損失を相対的に減少させていくべきであろう。

代替エネルギーの省電力効果、Tap-to-tap時間と電力原単位との関係を参考迄にそれぞれTable 1.2.10、Table 1.2.11に示す。

Table 1.2.10 Effect of the Alternative Energy on Electricity Conservation

	Available range	Replacement ratio
Oxygen	0 ~ 20 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /t	5.5 kWh/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	> 20 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /t	2.7 kWh/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
Oil	0 ~ 5 L/t	9.0 kWh/L
Natural gas		8.5 kWh/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
Coke		3.0 ~ 8.3 kWh/kg
Aluminium dross	5.0 kWh/kg	
Scrap preheating	20 ~ 40 kWh/t	

Table 1.2.11 Relationship between Tap-to-Tap Time and Electricity Intensity

Tap-to-tap time	Electricity intensity
180 min	550 ~ 600 kWh/t
120 min	480 ~ 520 kWh/t
90 min	430 ~ 470 kWh/t
70 min	380 ~ 420 kWh/t
60 min	360 ~ 400 kWh/t

電気炉のTap-to-tap時間の短縮および電力原単位を低減させる具体的方法を以下に列挙する。

—LFの活用可能な方法から実施されるようRecommendしたい。

本工場はLFを有しているなのでこのLFの昇温、保温能力を充分利用することでEAFでの低温出鋼を可能とする。

本法によりTap-to-tap時間は大幅に短縮可能となる。

—スクラップ予熱装置設置 20kWh/t (20~40kWh/t)

EAFの排ガスを利用、装入Scrapの予熱を行う。

排熱回収、EAFに於る溶解エネルギー減少等効果は大きいが設備設置に際しては予熱所要時間等十分な検討を実施EAF能力とマッチしたものとする必要がある。

—NG burner 装置設置 0 → 4m<sup>3</sup><sub>N</sub>/t

(Oxygen 使用量 0 → 8m<sup>3</sup><sub>N</sub>/t)

—Carbon injection 増加 7 → 12kg/t

—O<sub>2</sub> blowing の現状維持 25 → 25m<sup>3</sup><sub>N</sub>/t

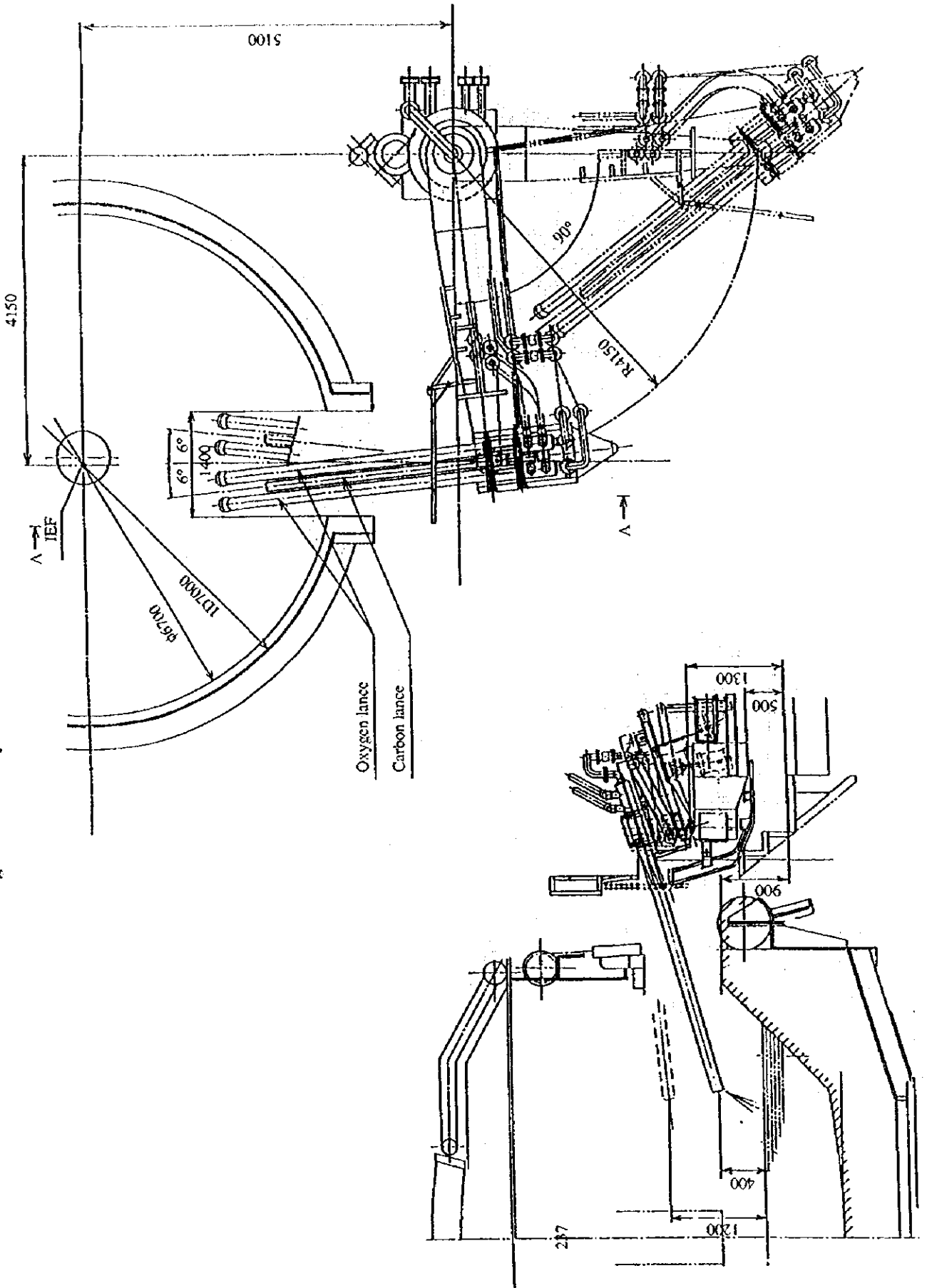
65kWh/t

EAFに対するO<sub>2</sub>吹込みは装入Scrapの切断、切断による溶解速度の促進および炉内炭材の燃焼促進等使用効果が大きく、近年O<sub>2</sub>使用炉が増加している。

本項ではNG (Natural Gas) 吹込みに対応した8m<sup>3</sup><sub>N</sub>/tを新たに追加している。

参考までに水冷式O<sub>2</sub>吹込み設備をFigure 1.2.5に示した。

Figure 1.2.5 Layout of Water Cooled Lance Equipment



4) 電気炉の補機の省電力対策

この他電気炉の補機の省電力対策として次の項目がある。

—Tap-to-tap短縮による補機電力原単位の低減 10～15kWh/t

—集塵機ブロワーの回転数制御または極数変換制御による電力原単位低減  
3～5kWh/t

b. 圧延設備

1) 外部要因による差

電気炉と同じく、圧延設備も日本の電気炉工場の圧延設備はweek dayの昼間14時間 (8～22時) 内に集中して停止するので、エネルギー原単位が悪くなる。このため加熱炉の燃料原単位を良好に保つため種々の設備および操業改善を実施している。現在エネルギー原単位はTable 1.2.12に示すようなレベルとなっている。

2) 技術要因による差

Table 1.2.12 Comparison of Energy Intensity in the Rolling Mill

	Unit: MJ/t	
	Ostrowiec	Excellent factory
Fuel	2,437 (69 m <sup>3</sup> /t)	770
Steam	41	75
Electricity	1,420 (138 kWh/t)	
Compressed air	52 (*5 kWh/t)	923 (90 kWh/t)
Cooling water	208 (*20 kWh/t)	
Total	4,159	1,768

(Note) \* indicates the energy intensity in terms of electricity.

1) Ostrowiecの圧延設備

Ostrowiecの圧延設備はCCから220×220のブルームを受け入れ圧延しており、圧延の途中で圧延材を再加熱するための2次加熱炉を持っている。

CCだけの生産性を考えれば、220×220のブルームを生産する方が効率は良

いが、8φ~32φの異形棒鋼を生産する圧延工場にとっては、120×120程度のピレットサイズが一般的であり且つ再加熱処理も不要となり望ましい。OstrowiecはCCを120×120ピレット生産への変更のための改造工事、および同ピレットを受け入れ可能なように圧延工場の改造工事に着手している。しかしながら圧延工場の改造工事期間を短縮するため、2次加熱炉は撤去せずそのままの形で残す計画である。

現在の操業成績をみると、大型220×220×11.7mのブルームを素材としている割りに歩留りが低く、燃料原単位の低減と歩留り向上が圧延プロセスの課題である。

Table 1.2.13 Comparison of Products

		Ostrowiec	Excellent Factory
Bloom/Billet	Section	220 × 220	120 × 120
	Length	11.7 m	4.2 m
Cf. product		8φ ~ 32φ	10φ ~ 32φ (6φ ~ 51φ)
Cf. Rolling mill yield		91.5 %	97 %

## 2) 歩留り向上

電力	94MJ/t	(9.2kWh/t)
燃料	138MJ/t	(33Mcal/t)

ミスロール、スケールロス等多く圧延歩留りが91.5%と低いので歩留り低下原因を調査、解析、改善し97%程度まで向上させたい。日本のミル並に97%歩留りが達成できれば燃料原単位は138MJ/t改善できる。

製品歩留り向上は電気炉+CCのエネルギー減少にも寄与するので、電気炉・CC・圧延を含めた製品トン当りのエネルギー原単位は12,080MJ/tから11,395MJ/tまで下がり、5.67%改善されることになる。ミスロール率は日本のミル並レベル即ち0.5%以下となるよう改善を進めるべきである。電力だけを例にとり、電気炉・CC・圧延プロセスの電力削減量を計算すると次のようになる。なお、圧縮空気、酸素、アルゴンおよび冷却水は電力により



製造されるので、これらを電力に換算して加えてある。

圧延プロセス：

$$163\text{kWh/t} \left\{ 1 - \frac{0.915}{0.97} \right\} = 9.2\text{kWh/t-product}$$

電気炉+CCプロセス：

$$616\text{kWh/t} \left\{ \frac{1}{0.915 \times 0.9754} - \frac{1}{0.97 \times 0.9754} \right\} + 16\text{kWh/t} \left\{ \frac{1}{0.915} - \frac{1}{0.97} \right\}$$

$$= 40.1\text{kWh/t-product}$$

\* 0.9754はCCの歩留りである。

163kWh/tは圧延プロセスの電力原単位 kWh/t-product

16kWh/tはCCプロセスの電力原単位 kWh/t-billet

616kWh/tは電気炉プロセスの電力原単位 kWh/t-molten steel

合計 9.2+40.0=49.2kWh/t-product

同様に燃料+蒸気の削減量を求めると

圧延部門の(燃料+蒸気)の原単位が 2,478MJ/t-product

CC部門の燃料原単位が 84MJ/t-billet

EAF部門の燃料原単位が 502MJ/molten steel

であるので、

圧延部門だけの効果 2,478MJ/t × 0.05670 = 140.5MJ/t-product

CC部門への波及効果 84MJ/t × 0.0620 = 5.2MJ/t-product

EAF部門への波及効果 502MJ/t × 0.06353 = 31.9MJ/t-product

3部門の合計 178MJ/t-product

総エネルギー量の削減量を求めると

圧延部門のエネルギー原単位が 4,159MJ/t-product

CC部門のエネルギー原単位が 248MJ/t-billet

EAF部門のエネルギー原単位が 6,821MJ/t-molten steel

であるので、

圧延部門だけの効果 4,159MJ/t × 0.05670 = 235.8MJ/t-product

CC部門への波及効果 248MJ/t × 0.0620 = 15.4MJ/t-product

EAF部門への波及効果 6,821MJ/t × 0.06353 = 433.3MJ/t-product

3部門の合計 684.5MJ/t ≒ 684MJ/t

となる。

### 3) 燃料原単位の低減

Ostrowiecの加熱炉のディメンション (炉巾×炉長) は12.6m×25mである。本炉は日本ミルの同型炉に比較し断熱性等の面で問題がある。後述の改善を実施すれば稼働中のエネルギー原単位は、1,256MJ/t-bloom (300Mcal/t-bloom) まで低下可能と推定される。圧延歩留りを97%と仮定し製品トン 당 なりに換算すると1,295MJ/t-productになる。

また、Ostrowiecの圧延設備は、圧延ラインの中に2次加熱炉を持っているので、この加熱炉で約335MJ/tの燃料を消費するとすると、ホットチャージローリングを実施しないで達成可能なエネルギー原単位改善目標は次のとおりとなる。

$$(2,437\text{MJ/t} - \frac{138\text{MJ/t}}{\text{歩留り}}) - \frac{1,295\text{MJ/t}}{\text{標準原単位}} - \frac{335\text{MJ/t}}{\text{2次加熱炉標準原単位}} = 669\text{MJ/t} (160\text{Mcal/t})$$

(既計算上)

原単位低減の手段としては、次の対策が考えられる。

#### －設備事故およびミスロール率の減少および保熱基準の改善

	170MJ/t	(41Mcal/t)
－セラミックファイバーによる断熱強化	73MJ/t	(17Mcal/t)
－開口部の遮へい強化による放散熱の減少	49MJ/t	(12Mcal/t)
－燃焼用空気比の適正化	377MJ/t	(90Mcal/t)
以上 小計	669MJ/t	(160Mcal/t)
－ Hot charge rolling	335MJ/t	(80Mcal/t)

殆どのExcellent factoryの異形棒鋼生産圧延工場では、Hot direct rolling (HDR) またはHot charge rolling (HCR) を実施している。OstrowiecはCCと圧延工場が隣接しておりHCRを行える条件がそろっている。Excellent factoryでHCRを行っている圧延工場の燃料原単位は628MJ/t (150Mcal/t) から921MJ/t

(220Mcal/t) であり、当然のことながら高温のビレットを加熱炉に装入している工場ほど燃料原単位が良い。

Ostrowiecの目標燃料原単位をExcellent factory並の921MJ/tに設定すると、ビレット平均温度500℃でホットチャージ率を75%に上げる必要がある。Ostrowiecの工場を視察したがこの値は十分達成可能と思われるので是非実施して欲しい。

しかし、CCの生産能率と圧延能率のギャップ (異形棒鋼の口径によって圧延能率 (t/h) が変化する) があるので、保熱炉は必要である。

#### ー加熱炉の改造に対するリコメンド

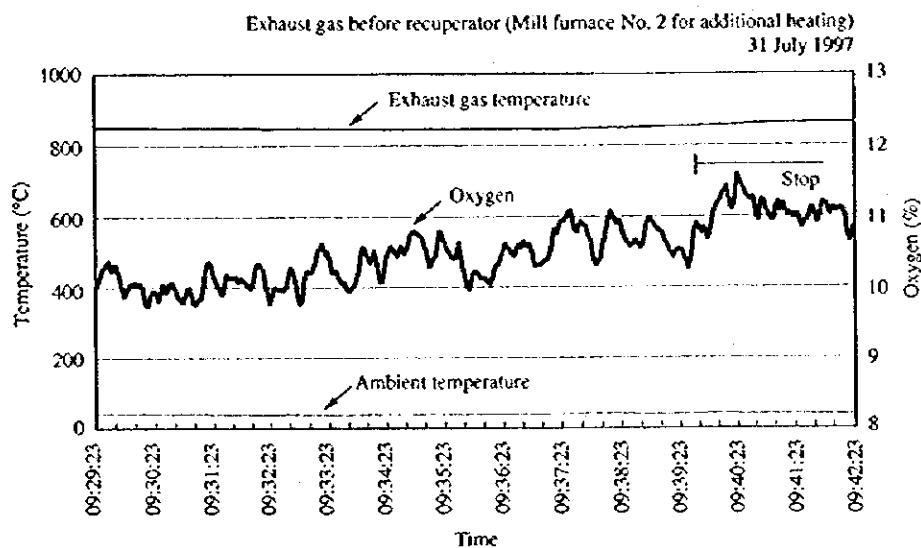
現在使用中の加熱炉が廃止され、新しい加熱炉が設置される計画があるが現存炉であれ新炉であれ本加熱炉は以下のような方針で計画改善し、冷ビレット加熱時の燃料原単位を1256MJ/t-billet (300Mcal/t-billet) 程度にまで低下させるようリコメンドする。

- ・セラミックファイバーで断熱する。
- ・加熱炉は5ゾーン位にわけて予熱、加熱、均熱が各々可能なようにし、且つ各ゾーンの燃焼温度が正確に測れるように仕切壁を設け、必要なエネルギーが最小限投入で済むような構造にする。

#### ー2次加熱炉の空気比改善

2次加熱炉の排ガス計測結果をFigure 1.2.6に示す。計測点はレキュペレーターの前である。

**Figure 1.2.6 Exhaust Gas Measurement of the Secondary Reheating Furnace**



この計測値を用いて燃焼の計算を行い、空気比改善の効果を試算した。結果をTable 1.2.14に示す。なお、計測開始1.5分後に圧延工程がトラブルで停止し、このためこの炉は燃焼量を低下して保熱状態となっている。Figure 1.2.6にはこの期間も含まれているが、計算は圧延停止前のデータを使用している。本表に示すように空気比の調整により14.7%の燃料節減を得ることができる。

**Table 1.2.14 Effect of Air Ratio Improvement of the Secondary Reheating Furnace**

Preconditions		Calculation Result		
Fuel gas		Theoretical Combustion	Current Air Ratio	Air Ratio after Improvement
Net heat value (kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	35,532			
Net heat value (kcal/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	8,487			
Combustion air temperature	330	Exhaust gas oxygen	0.0 %	10.0 %
Exhaust gas temperature (Before air heating)	850	Air ratio	1.00	1.82
Exhaust gas temperature (After the assumed air heating)	606	Air flow rate (m <sup>3</sup> /kg)	9.6	17.5
Furnace infiltrating air ratio	0 %	Exhaust gas volume (m <sup>3</sup> /kg)	10.6	18.5
		Exhaust gas heat loss ratio (to fuel heat)	42.6 %	32.6 %
		Fuel saving rate		14.7 %

Notes: The measuring point is in front of the air preheater.  
The temperature after air heating is assumed based on air heating balance.

Notes: The air ratio improvement percentages are the reference values based on the judgement criteria in Japan.  
The exhaust gas loss ratio means the exhaust gas heat loss after air preheating.

計算には圧延停止前のデータを使用。

2次圧延加熱炉の仕様をTable 1.2.15に示す。

**Table 1.2.15 Spicification of Secondary Reheating Furnace**

Items	Specifications
Type	Walking beam type
Capacity	Maximum 180 t/h 100 t/h for measurement period
Furnace dimension	18 m-W × 12.2 m-effective length
Charged material	Bloom, (105 – 130) mm × (15,000 – 17,400) mmL
Fuel	Natural gas
Burner capacity	20 MW
Cooling water	135 m <sup>3</sup> /h

#### ー2次加熱炉に対するリコmend

- ・工事期間の短縮のため、今回の改造では2次加熱炉をそのまま残す形とした。しかしながら、2次加熱炉を残し現存圧延機を流用することは物流、省エネルギーおよび歩留りの面で非常に問題が多い。しかし、すでに圧延加熱炉およびローラーテーブル等が新設されていることを考慮すると、現時点で圧延ラインを直ちに改造するメリットは恐らく無いものと想定される。したがって、将来圧延加熱炉や圧延機が老朽化した時点で燃料原単位低減を計るべく圧延加熱炉の炉長を延長し、2次加熱炉を廃止し、ラインを直線化するなどの近代化を計るよう是非検討してほしい。なお、2次加熱炉廃止による省エネルギー効果は、燃料原単位で167~335MJ/t および電力原単位で10kWh/y程度と推定される。
- ・2次加熱炉は新設ピレットCC (120×120) および新設加熱炉が完成後および上記改造が実施されるまでの間は単なる保熱炉として使用されることになる。現状設備の燃料原単位は335MJ/t (80Mcal/t) 程度と推定される。したがってセラミックファイバーでライニングするか、本体をセラミックファイバーに取替え、放熱損失および蓄熱量を最小限になるよう検討しエネルギー原単位を167MJ/t (40Mcal/t) 以下にするよう改善を図られたい。

#### 4) 電力原単位の改善

ーCCプロセスおよび圧延プロセスの改造 40kWh/t 低減

Ostrowiecが計画中の改造工事が完了すると、電力原単位は約40kWh/t低減する見込みである。

#### c. 鍛造工場

鍛造工場のエネルギー原単位は生産している製品および生産量により大きく異なるので、エネルギー原単位を単純比較して省エネルギーポテンシャルを推定するのは難しい。今回の工場診断は短時間の工場視察ではあったが鍛造炉の排ガスO<sub>2</sub>分析結果に基づき、省エネルギーポテンシャルを推定してみたい。

### 1) 鍛造加熱炉

鍛造加熱炉の燃料原単位は、15,229MJ/t (3,637Mcal/t-ingot) と信じられない程高い。

今仮りに、加熱炉台車の断熱材とサポート (鋳鋼) の重量をインゴットと同重量と仮定し、エアプレヒーターをもつ加熱炉の熱効率を15%と仮定しても燃料原単位は11,166MJ/t (2,667Mcal/t) 程度であり、Ostrowiecの燃料原単位が異常に悪いことがわかる。

工場の簡易診断の結果、次の様な原因が考えられる。

- ・ Table 2.1.15に示すように加熱炉への侵入空気が多いため、空燃比が2.5に達している。仮に1.35まで下げることができるとした場合燃料は16.4%減少できるとの結果を得る。

台車と加熱炉の間のシールが悪い、また加熱炉の扉の密閉度が悪い等問題が多い。可能な部分から早急に改善を図っていくべきである。

- ・ 加熱炉の稼働率が低い。

例えば、稼働率の高いNo.18炉ですら、年間稼働率は46.5%である。

鋳造量に比較し加熱炉数が過剰である。稼働炉数を整理し少くとも稼働率70%程度までは上げるよう努力すべきである。

- ・ 空燃比制御が悪い。
- ・ 加熱炉の断熱のセラミックファイバー化が遅れている。

(蓄熱損失大きい)

Ostrowiecではセラミックファイバー化をすすめており、約30%が完了している。資金の問題もあろうが早急に推進することをリコメンドしたい。

セラミックファイバーは、熱容量低減および放熱損失低減の効果があり、燃料使用量を40%程度削減可能とする効果があるので早急に進める必要がある。

上述理由により、鋼材加熱時間が長くなり放散熱、排ガス顕熱等エネルギー損失も相対的に増えるため燃料および電力原単位がより悪化する結果となっている。

したがって、加熱炉の原単位改善のためには

① 侵入空気を最小にし、低い負荷でも低い空燃比を保てるようにする。  
上述改善を行い空燃比2.5を1.35まで下げると省エネルギー効果は下記のようになる。

$15,229 \times 0.164 = 2,497 \text{ MJ/t}$       予想効果 : 2,497 MJ/t (596 Mcal/t-ingot)

② 必要熱量を最小限にする。

予想効果 : 4,075 MJ/t (973 Mcal/t-ingot)

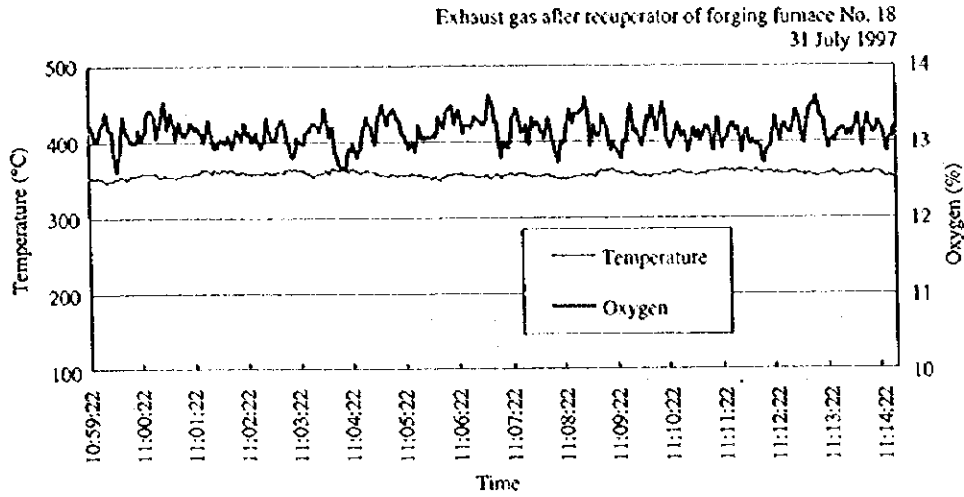
- ・より高温のインゴットを加熱炉に投入できるように、工程管理する。
- ・加熱炉の断熱材をセラミックファイバーに取替える。
- ・加熱炉の稼働率をあげるよう、工程管理する。

これらの対策により6,496 MJ/t (1,551 Mcal/t) 燃料原単位が低減し、15,229 MJ/tから8,733 MJ/t-ingot (2,086 Mcal/t) に下がると期待できる。この対策により加熱炉での鋼塊滞留時間が短縮され同炉の鋼塊単位重量当たりの稼働時間が短くなるので、同時にFan他付帯設備の所要動力が減少し且つ稼働時間も短縮され電力原単位は約6～10%低下する。

#### (鍛造加熱炉No.18の排ガス計測と解析)

鍛造工場には大小56基の材料加熱炉が設置されている。このうち大型の8,000tプレス機用のNo.18炉の排ガス成分を計測した。この炉は大型の鍛造材を加熱するもので、バッチ方式で操業され、計測日の前日15時に燃焼を開始し、当日の12時30分に装入材の加熱を完了している。計測はこの間の10時59分から11時30分の間にレキュペレーター前とレキュペレーター後の排ガスについて逐次行われた。この時期は均熱期に当たり、燃料投入量は、最大時の約3分の2であった。Figure 1.2.7にレキュペレーター出側の測定結果を、Table 1.2.16にレキュペレーター入側の測定結果を示した。

Figure 1.2.7 Exhaust Gas Measurement of No.18 Heating Furnace



この計測値を用いて燃焼の計算を行い、空気比改善の効果を試算した結果をTable 1.2.16に示す。

Table 1.2.16 Air Ratio Improvement Effect of No. 18 Heating Furnace

Preconditions		Calculation Result			
Fuel gas		After recuperator	Theoretical Combustion	At Current Air Ratio	At Air Ratio Improvement
Net heat value (kJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	35,532	Exhaust gas oxygen	0.0 %	13.10 %	5.9 %
Net heat value (kcal/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	8,487	Air ratio	1.00	2.50	1.35
Combustion air temperature	34	Air flow rate (m <sup>3</sup> /kg)	9.6	24.1	13.0
Exhaust gas temperature (Before air heating)	358	Exhaust gas volume (m <sup>3</sup> /kg)	10.6	25.1	14.0
Furnace infiltrating air ratio	0 %	Exhaust gas loss ratio (to fuel heat)		31.3 %	17.8 %
		Fuel saving rate			16.4 %

Notes: The measuring point is at the back of the air preheater.

Notes: The air ratio improvement percentages are the reference values based on the judgement criteria in Japan.

Table 1.2.16に見るように空気比の調整により16.4%の燃料低減効果が得られる。但し、この結果はこの炉のバッチ式操業のうちの1時期だけの計測に基づいているので、更に全期間を通じて計測し解析する必要がある。



Table 1.2.17 Exhaust Gas Measurement before the Recuperator

Exhaust gas oxygen	Exhaust gas temperature	Air ratio	Exhaust gas temperature after the recuperator		Air temperature
12.3 %	841	2.27	504 (Operation chart)	483 (Calculated value)	451 (Chart)

Figure 1.2.7およびTable 1.2.17から明らかなようにレキュペレーター入側の排ガス酸素はレキュペレーター出側の排ガス酸素より低いので、レキュペレーター内部において空気がガス側へ漏洩している疑いがある。更に、精密な計測が必要である。

以上の計算に用いた燃料ガスの成分はTable 1.2.18のとおりである。また、この鍛造炉の仕様をTable 2.1.19に示した。

Table 1.2.18 Fuel Gas Components

Gas components	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Wet volume	0.1 %	-	97.9 %	-	0.4 %	0.1 %	0.1 %	1.4 %	0.0 %	-

Table 1.2.19 Specifications of No.18 Heating Furnace

Items	Specification
Type	Bogie-type furnace
Capacity	Maximum 90 t/cycle (40 t/cycle in measurement period)
Fabricator	Biprohut
Furnace dimension	2.4 m-W × 8.5 m-effective length
Fuel	Natural gas
Burner capacity	4,320 kW

## 2) 熱処理炉

熱処理炉の燃料原単位は6,407MJ/t (1,530Mcal/t-product) と非常に悪い。

一般に熱処理関係で消費される燃料は装入鋼材ton数ベースで250～760Mcal/t-inputである。本熱処理に関しても空燃比の改善およびセラミックファイバー施行による断熱強化等改善の余地があり、大幅なエネルギー原

単位改善が期待できる。省エネルギーの可能性として空燃比の改善により1,018MJ/t、セラミックファイバー施工による断熱等の改善により1,714MJ/t、計2,732MJ/t程度が期待できエネルギー原単位は3,635MJ/t (878Mcal/t) 程度になるものと推定される。

#### d. 70t電気炉およびインゴット工場

Excellent-industryと比較すると約27%改善の余地がある。

トランス容量が小さいのでTap-to-tap時間は90分程度までの短縮が限界と思われる。a-1で記載した140t電気炉と同様の省エネルギー対策をとることにより、約10%程度エネルギー原単位を低減できるものと推定される。

#### e. 酸素プラント

自社工場内に酸素供給プラント会社BOCを誘致し、そこから酸素を購入し自社の効率が悪いプラントを停止する計画がある。この計画が実施された場合のエネルギー削減量は次のとおりである。

Table 1.2.7に示すように酸素プラントのネットエネルギー消費量は、132,091GJ/yであり、この値がBOCから酸素を購入したときのメリットである。現状の酸素プラントのエネルギー使用量は、Ostrowiecの操業データから、次のとおりである。

蒸気：19,740GJ/y

電力：202,852GJ/y(19,775kWh/y)

冷却水：9,630GJ/y (3,710,000m<sup>3</sup>y×2.5958)

合計：232,222GJ/y

したがって、BOCから酸素を購入することによる蒸気と電力の節約量は次のとおりである。

蒸気：132,091×19,740/232,222=11,228GJ/y

電力：132,091×212,482/232,222=120,863GJ/y=11,782MWh/y

#### f. その他

Hot waterおよび蒸気の購入量がエネルギー使用量全体の4.89%ある。OstrowiecはHot waterの配管網を持っているので、廃熱回収を進めることにより4.89%中1.7%を削減できる。(エネルギー購入量が3.19%まで低下する)

温水の熱回収は比較的安い建設費ですむので、ぜひ実施したい項目である。  
回収可能なプロセスとしては次のものがある。

1) 圧延加熱炉排熱回収 (蒸気)

燃料原単位が220Mcal/t-productに改善された場合においても、排ガス損失は少なくとも22Mcal/tあるので少なくとも50%程度は回収可能であり11Mcal/tは熱回収可能である。

$$500,000\text{t/y} \times 11\text{Mcal/t} \times 4.1868 \times \frac{1}{1,000} = 23,027\text{GJ/y}$$

2) 電気炉 (140t) 排ガスの排熱回収 (蒸気)

スクラップ予熱後においても電気炉排ガスは、80Mcal/t～90Mcal/tの顕熱を持っているのでこれを40%回収するとした場合、下記の排熱が回収できる。

$$650,000 \times 80 \times 0.4 \times 4.1868 \times \frac{1}{1,000} \approx 87,085\text{GJ/y}$$

3) 電気炉 (140t) の冷却排水熱回収 (温水)

電気炉冷却排水の顕熱は60～70Mcal/tあるのでこれを50%回収するとした場合、下記の排熱が回収できる。

$$\frac{7}{12} \times 650,000 \times 60 \times 0.5 \times 4.1868 \times \frac{1}{1,000} \approx 47,624\text{GJ/y}$$

以上の熱回収により157,736GJ/yの熱回収が可能となる。

(2) ユーティリティ (熱利用設備)

a. 赤外線熱画像装置による記録

赤外線を利用した熱画像装置を用いて圧延加熱炉および鍛造加熱炉付属レキュペレーターの高温部分を撮影した画像をFigure 1.2.8、Figure 1.2.9に示した。圧延加熱炉では側面の点検孔の周囲の高温部、鍛造加熱炉ではレキュペレーターの前面を撮影している。この装置を用いれば高温部分を視覚的に把握できるので、断熱を強化すべき部位を容易に知ることができる。ま

た、外観からは見えない内部の断熱材の破損を知ることもできる。  
 なお、本設備による測定結果は各設備項目中のリコメンデーションおよび  
 省エネルギーポテンシャル計算に反映されている。

Figure 1.2.8 Thermal Image of the Side Surface of Inspection Hole of the Secondary Reheating in Rolling Mill Furnace

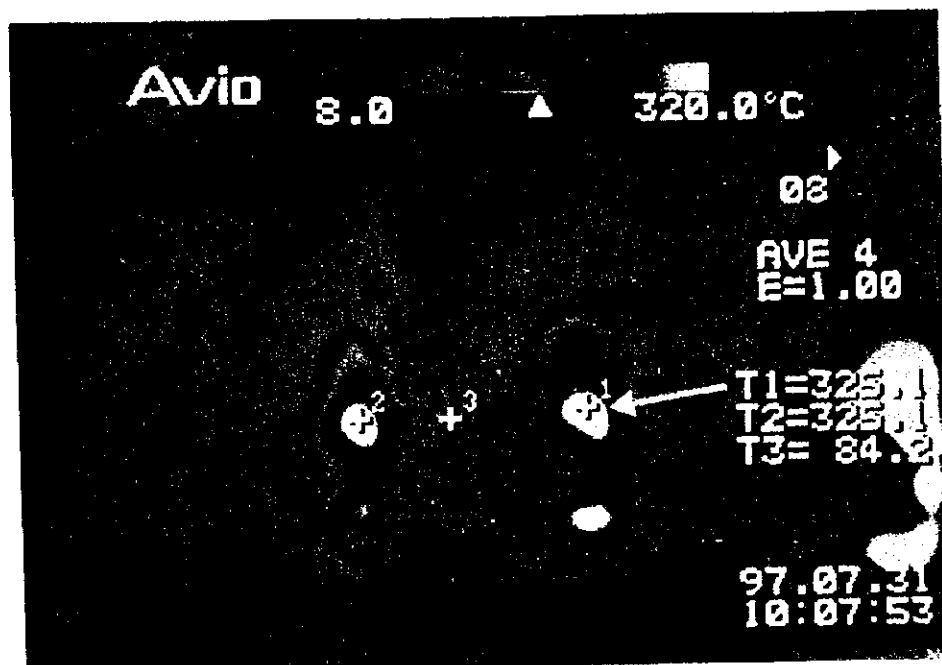
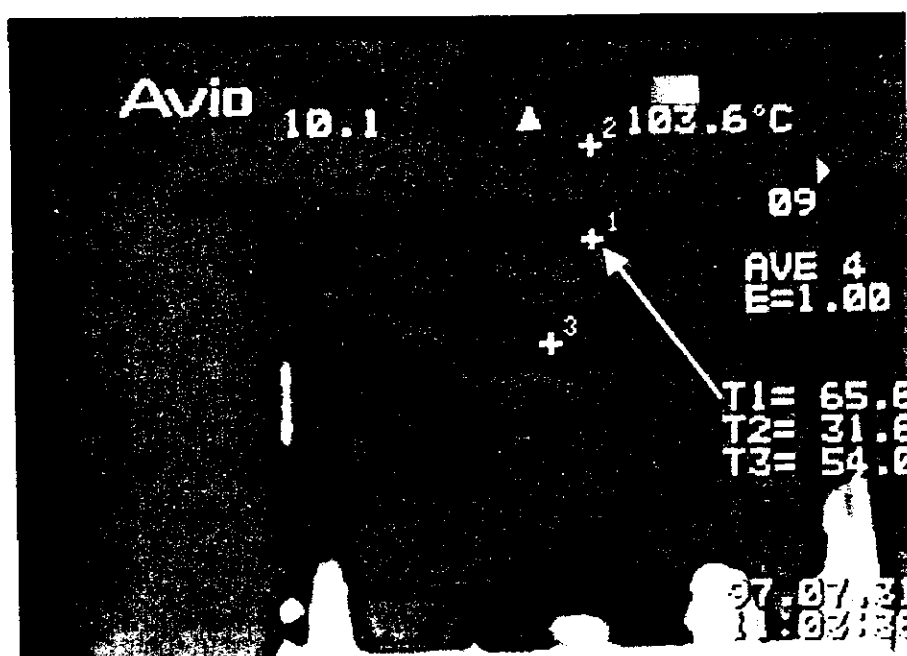


Figure 1.2.9 Thermal Image of the Recuperator Outer Wall of the Forging Heating Furnace



### (3) エネルギーリティ (電気利用設備)

#### a. 照明

現状の各工場の水銀灯の個数は調査の結果概略下記数量と想定される。

鍛造工場	約200灯
製鋼工場	約500灯
圧延工場	約2,300灯
計	約3,000灯

これらについて演色性は殆ど問題にならないので (一部照度不足の所も有るが) を除きナトリウム灯に変換することにより省エネルギーを図ることができる。上記中の約8割がナトリウム灯に変換可能と想定できるので、水銀灯からナトリウム灯への変換による省エネルギー効果を40%とすると、下記の結果が得られる。

$$3,000\text{灯} \times 0.8 \times 400\text{W} \times 0.4 = 384\text{kW}$$

$$\text{年間低減電力量} : 384\text{kW} \times 8,760\text{h} = 3,360\text{MWh}$$

#### b. 電動機

##### 1) ポンプ

ポンプの年間使用電力量は26,000MWhである。調査の結果、冷却水量のコントロールが充分実施されておらず過剰の水が使用されていることが判った。各設備の適正水量・水圧の把握と調整、夏場・冬場での冷却水量の調整、操業度の差異に応じた水量の調整、機器停止時の水量調整等きめ細かな調整を実施し省エネルギーを図っていくべきである。また、これら調整により生ずる結果をもとにポンプ台数の削減、回転数制御システムの導入等省エネルギー対策を図っていくべきであり、この点を強くリコメンドしたい。これら対策が実施されれば少なくとも10%は省エネルギーが可能となろう。

$$26,000\text{MWh} \times 0.1 = 2,600\text{MWh}$$

##### 2) 集塵用ブロワ

調査当日の集塵ブロワの設備利用状況は140t炉用4台で稼働率67～73%、70t炉用2台で69～80%とかなり余裕がある運転を行っていることが判った。電気炉からの発塵量は操業開始以降精錬終了まで大幅に変化する。したがって電気炉の発塵発生状況によりブロワの回転数制御を行うよう改造することで相当のエネルギー節減が可能となる。調査対象工場が変更となり十分な調査もできず具体的コメントは提起できないが、今後操業状態と発塵状況を充分調査し本システムの導入に向け検討を進めていかれるよう期待したい。

### 3) 空気圧縮機

空気圧縮機の年間使用電力量は酸素発生用が約15,000MWh、一般用が同じく約15,000MWhとなっている。酸素発生用は既に更新計画が実施に移される段階にあるので測定対象から除外した。また、一般用レシプロ型空気圧縮機はオーバーホール中または補修中で当日測定ができず残念ながら具体的コメントができる状態に無い。したがって今後通常状態での再測定が必要である。

### 4) 変圧器

63MVA変圧器の鉄損は試験成績表によれば63.33kW、全負荷銅損は255kWであり、これより変圧器最高効率31.4MVA時の99.6%、また、25MVA変圧器の鉄損は試験成績表によれば26.625kW、全負荷銅損は123.624kWであり、これより変圧器最高効率11.6MVA時の99.5%となるので、現在の負荷状況をチェックする必要があるが、省エネルギーは殆ど期待できないと判断する。

## 1.2.4.3 省エネルギーポテンシャルのまとめ

### (1) 省エネルギーによる環境改善効果

省エネルギーによって燃料の使用量が低減されれば、大気中への汚染物質の排出量も減る。また省エネルギーによって電力の購入量が低減されれば、電力の発生もとすなわち発電所において大気中への汚染物質の排出量が低減される。この省エネルギーによる排出量の低減は、省エネルギー量のほか燃料の種類や

ボイラーなど装置別に異なる。したがって各工場の実際の排出量を用いて、汚染物質の低減量を推計するのが正しい。しかし、ここでは、ポーランド全体へのスタディとの整合を取るために、The Institute of Environmental Protection の資料による業種別・燃料別の単位排出量 (汚染物質トン/燃料熱量 TJ) をもとに算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 1.2.20 に示す。

**Table 1.2.20 Emission Improvement by Energy Conservation Measures**

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0	6,059	16.2	92.2	0.9
Step 1	27,647	3.7	435.4	0.6
Step 2	12,634	5.7	198.1	0.5
Step 3	18,724	1.3	295.1	0.3
Step 1-3	59,005	10.7	928.7	1.4

Reduction includes emission from fuel and electricity.

またポーランドでは、汚染物質の排出者は排出料金 (fee) を支払う制度があるので、省エネルギーによって排出料金が低減される。排出料金の単価は、汚染物質別に定められている。またある量を超えた排出量に対しては課徴金 (charge) が課せらる。課徴金の単価は排出料金の 100 倍とされている。以下に記載する金額は通常の排出料金である。

工場調査をもとに提言された省エネルギー項目に対して、汚染物質の排出低減量、排出料金の低減額を計算した結果を Table 1.2.21 に示す。またこの表には、排出料金の低減効果を含んだ省エネルギー投資の回収期間と、それを含まない燃料費低減だけによる投資回収期間を併記している。

**Table 1.2.21 Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction**

Measures	Energy cost advantage	Emission fee advantage	Total advantage	Investment	Eco-Environ	Economical
					PBP	PBP
Step 0	16,029	33.6	16,063	0	0.00	0.00
Step 1	13,982	136.0	14,118	6,857	0.49	0.49
Step 2	6,886	63.1	6,950	20,829	3.00	3.02
Step 3	4,748	91.8	4,840	13,143	2.72	2.77
Step 1-3	25,617	290.9	25,907	40,829	1.58	1.59

Units: Thousand PLN or thousand PLN/y for expense, Year for PBP

この Table 1.2.21 に見るとおり、排出料金の低減額はエネルギー費用の低減額

に比して大きくても数%程度であり、このため排出料金の低減が投資回収期間に及ぼす短縮効果も僅少である。

この工場では、Step 3 の項目において投資回収年数が小さく記されているが、これらの改善項目ではホットチャージなど生産プロセスの変更が含まれており、技術管理の確立が必要である。

## (2) 省エネルギーポテンシャルのまとめ

工場の省エネルギーポテンシャルを Table 1.2.22 に示す。

Excellent factory のエネルギー消費原単位をベンチマークとした省エネルギーポテンシャルと第 1、第 2、第 3 ステップの省エネルギー対策を Figure 1.2.10 に示す。省エネルギーポテンシャルと投資回収期間および投資金額の関係を Figure 1.2.11 に示す。



Table 1.2.22 Summary of Energy Conservation Potential

Item	Energy Conservation Potential			Electricity			Total		Investment 10 <sup>3</sup> PLN	Payback period year
	GJ/y	Fuel	%	MWh/y	10 <sup>3</sup> PLN/y	%	10 <sup>3</sup> PLN/y	10 <sup>3</sup> PLN		
<p>Electricity: 0.172 PLN/kWh 1 PLN=30yen</p> <p>Coke: 400 PLN/t (27.1 GJ/t) Natural gas: 0.514 PLN/m<sup>3</sup> (35.5 MJ/m<sup>3</sup>) Steam: 13.14 PLN/GJ (28 GJ/t)</p>										
<p>第0ステップ (Under construction or planning)</p>										
1 EAF, Carbon injection and natural gas injection (Tap-to-tap time reduction)										
天然ガス吹込み(sm3N/t)	△ 92,000		△ 2.7	42,114	7,244	6.7	7,244	-	-	-
コークス吹込み増加(Skg/t)	△ 87,790		△ 2.6							
天然ガス燃焼用酸素増加(8m3N/t)				△ 3,385	△ 582	△ 0.5	△ 582			
2 CCプロセス及び圧延改善				20,318	3,495	3.3	3,495			
3 鍛造加熱炉断熱材をセミアンバー化等 (工程管理強化を含む)	265,592		7.7							
4 酸素をBOCより購入	11,228	163	0.3	11,782	2,027	1.9	2,190			
小計	97,030	1,380	2.8	70,829	12,184	11.3	16,192			
<p>第1ステップ</p>										
5 140t EAF tap-to-tap 短縮(補機電力削減)				6,479	1,114	1.0	1,114	0	0	0
6 圧延、歩留り向上	90,920	1,316	2.7	24,989	4,298	4.0	5,614	0	0	0
7 圧延、設備事故・ミシ-ル率の減少	86,348	1,250	2.5	0			1,250	0	0	0
保熱基準の改善		0								
8 圧延加熱炉空気比の適正化	191,490	2,773	5.6	1,499	258	0.2	2,773	0	0	0
9 鍛造加熱炉の空燃比の適正化及び	162,744	2,356	4.8				2,614	4,000	1.5	1.5
ドレンの改善等侵入空気防止対策		0								
10 鍛造熱処理炉の空気比の適正化	42,582	617	1.2				617	2,857	4.6	4.6
及びドレンの改善										
小計	574,084	8,312	16.8	32,967	5,670	5.3	13,982	6,857	0.5	0.5
<p>第2ステップ</p>										
11 140t EAFスクラップ予熱装置(20kW/h)				12,957	2,229	2.1	2,229	5,714	2.6	2.6
12 70t EAFスクラップ予熱装置(30kW/h)				2,727	469	0.4	469	1,429	3.0	3.0
13 圧延1次加熱炉セミアンバーによる断熱	37,079	537	1.1				537	1,143	2.1	2.1
14 圧延2次加熱炉セミアンバーによる断熱	84,825	1,228	2.5				1,228	1,429	1.2	1.2
15 圧延加熱炉開口部の改善(侵入防止)	24,889	360	0.7				360	143	0.4	0.4
16 鍛造熱処理炉の断熱方法の改善	71,695	1,038	2.1				1,038	5,714	5.5	5.5
及び工程管理の改善										
19 照明 ナトリウム灯への変更				3,360	578	0.5	578	1,971	3.4	3.4
20 ボンブ回転数制御				2,600	447	0.4	447	1,237	2.8	2.8
小計	218,488	3,163	6.4	21,644	3,723	3.5	6,886	18,780	2.7	2.7
<p>第3ステップ</p>										
21 圧延、セミアンバー比率の向上	170,157	2,464	5.0				2,464	7,143	2.9	2.9
22 圧延加熱炉排ガス 1 付設置 (蒸気)	23,057	334	0.7				334	1,714	5.1	5.1
23 電気炉排ガス 1 付設置 (蒸気)	27,085	1,261	2.5				1,261	3,429	2.7	2.7
24 電気炉冷却材より熱回収	47,624	690	1.4				690	857	1.2	1.2
25 圧延2次加熱炉の脱止 [84824]										
小計	327,923	4,748	9.6				4,748	13,143	2.8	2.8
合計 (第1、2、3ステップ)	1,120,495	16,224	32.8	54,611	9,393	8.7	25,617	38,780	1.5	1.5
<p>1996年 燃料消費量: 3,419,092 GJ/y 電力消費量: 626,637 MWh/y (6,428,042 GJ/y) Total: 9,847,134 GJ/y</p>										

Figure 1.2.10 Ostrowiec Energy Conservation Potential

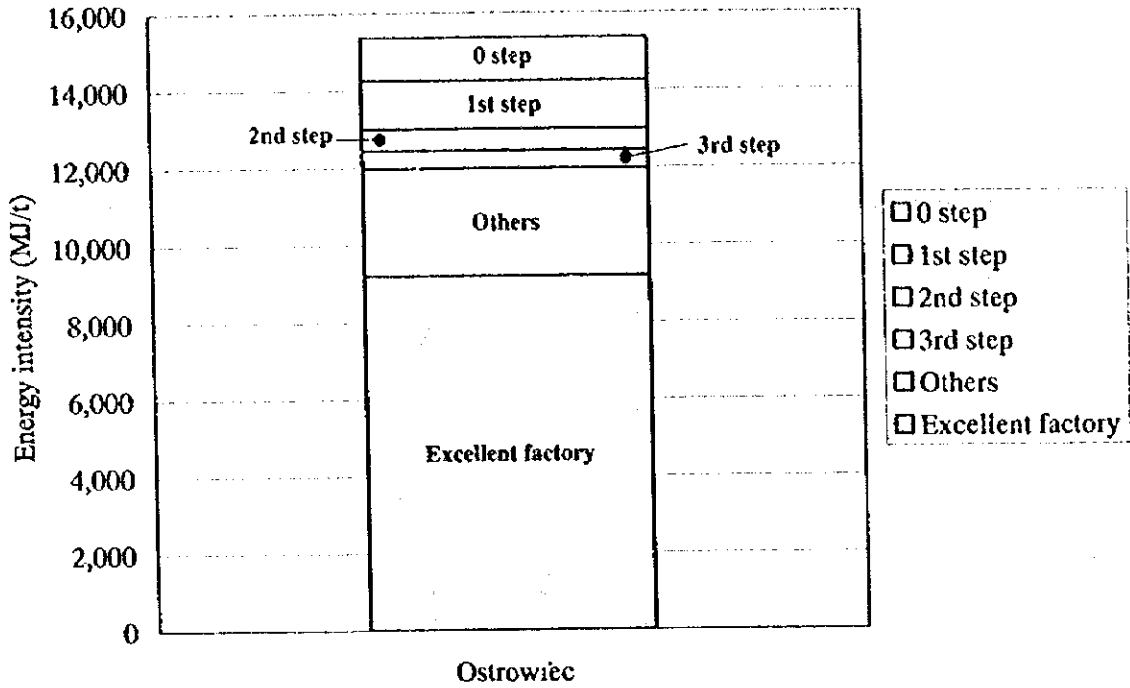


Figure 1.2.11 Ostrowiec Energy Conservation Potential

