การผลิตและเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศญี่ปุ่นระหว่างปี 1988

อาจารย์วิกรม วัชระคุปต์
รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ
สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. สภาวะทางเศรษฐศาสตร์รอบๆ อุตสาหกรรมเหล็ก

จากสาเหตุที่ค่าของเงินเยนได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมากทำให้มีผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจของประเทศญี่ปุ่นโดยทั่วไป โดยในปี 1986 เป็นช่วงที่เศรษฐกิจของประเทศตกต่ำที่สุด แต่หลังจากนั้น ประเทศญี่ปุ่นก็ได้เริ่มปรับตัวทำให้สภาวะกลับเริ่มดีขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเริ่มตั้งแต่ฤดูร้อนของปี 1987 ทั้งนี้เนื่องมาจากความต้องการสินค้าต่าง ๆ ภายในประเทศกลับเพิ่มขึ้น และมาตรการช่วยเหลือต่าง ๆ ที่รัฐบาลได้นำมาใช้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจของประเทศญี่ปุ่นอยู่ในลักษณะที่นำโดยความต้องการภายในประเทศเป็นหลักการเติบโตทางเศรษฐกิจในปี 1987 เท่ากับ 4.9% (แบ่งเป็นการเติบโตจากความต้องการภายในประเทศ 6% และจากภายนอกลดลง 1%) และในปี 1988 คาดว่าจะมีการเจริญเติบโตสูงกว่าที่รัฐบาลคาดการณ์ไว้ (3.8%)

หากจะดูถึงความต้องการที่แท้จริงแล้วจะพบว่ามีการซื้อสินค้าอุปโภค บริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากราคาที่คงที่ รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากธุรกิจที่ดีขึ้น และความต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ที่เกี่ยวกับบ้าน เนื่องจากเป็นยุคทองของธุรกิจทางด้านที่อยู่อาศัย ในด้านธุรกิจการลงทุน การลงทุนภาคเอกชนในด้านอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ได้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอัตราการใช้เครื่องจักรเพิ่มสูงขึ้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานและผลกำไรที่มีมากขึ้นเนื่องจากการขายสินค้ามากขึ้น

ในธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางก็มีสภาวะที่ดีขึ้นจากบรรยากาศทางเศรษฐกิจที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีธุรกิจบางประเภทโดยเฉพาะธุรกิจที่เน้นด้านการส่งออกเป็นหลักที่ยังอยู่ในสภาวะที่ต้องดิ้นรนต่อไป ซึ่งถ้าดูในภาพรวมแล้วจะพบว่า การได้เปรียบดุลย์การค้าของประเทศญี่ปุ่นเริ่มลดลง แต่เนื่องจากปริมาณความได้เปรียบดุลย์นี้สูงมากจนทำให้การลดลงนี้ไม่มีผลกระทบที่เห็นได้ อย่างไรก็ตาม การปรับตัวของประเทศญี่ปุ่นก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นต่อไป

สภาวะอุตสาหกรรมเหล็กในญี่ปุ่น ถ้าจะพิจารณาตามสภาพเศรษฐกิจที่ได้กล่าวมาแล้วจะพบว่า ตั้งแต่ครึ่งปีหลังของปี 1985 ปริมาณการผลิตได้ลดลง เพราะความต้องการภายในประเทศและปริมาณการส่งออกลดลง ในกรณีของการส่งออกนั้นมีสาเหตุจากมูลค่าของเงินเยนที่เพิ่มสูงขึ้นและการลดการส่งออกไปสหรัฐอเมริกาที่ญี่ปุ่นเองเป็นผู้กระทำโดยสมัครใจ แต่เมื่อถึงปลายปี 1987 สภาพธุรกิจก็เปลี่ยนไปในทางที่ดีขึ้น เนื่องจากมีการก่อสร้างภายในประเทศเพิ่มขึ้น (จากนโยบายกระตุ้นของรัฐบาล) ปริมาณการผลิตเหล็กดิบดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 จึงเห็นได้ว่าเพิ่มมากขึ้นกว่าเมื่อตอนต้นปี ทำให้ผลผลิตรวมในปี 1987 สูงขึ้นเป็น 118.8 ล้านตัน ซึ่งสูงกว่าปีก่อน 5.75% ผลผลิตครึ่งปีของปี 1987 ก็เพิ่มเป็น 52.24 ล้านตันหรือ 7.2% สูงกว่าปีก่อนในช่วงเวลาเดียวกัน

ตารางที่ 1 Output of blast furnace pig iron, crude steel and steel products by month. (Unit : 1000 t)

	1985 Average	1986 Average	1987						1987 Average	1988						1988 Average (Jan-June)
			July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	
Pig iron	6706	6215	6247	6256	6064	6546	6401	6637	6113	6788	6285	6606	6404	6580	6301	6494
Crude steel																
Converter	6231	5760	5904	5957	5607	6338	6162	6216	5762	6518	6004	6110	6175	6158	5854	6137
Electric furnace	2542	2430	2250	2201	2402	2646	2700	2677	2447	2263	2536	2678	2618	2638	2683	2619
Total	8773	8190	8153	8158	8010	8984	8862	8893	8209	9081	8540	8788	8794	8795	8537	8756
Ordinary steel, hot-rolled product (total)	6816	6457	6346	6443	6598	7179	7056	7061	6519	7106	6822	6928	6781	6987	6856	6914
Major hot-rolled products																
Medium sections	138	145	111	111	122	124	129	119	120	116	120	126	127	123	126	123
Small section and bar	1127	1095	1013	992	1086	1168	1206	1188	1082	1117	1124	1153	1113	1127	1190	1137
Ordinary wire rod	163	171	136	138	131	110	117	141	135	141	140	156	129	138	144	142
Plate	857	715	637	675	705	747	729	747	669	754	690	773	717	728	644	718
Sheet	32	27	17	18	23	24	25	26	21	22	21	23	20	23	28	23
Wide strip	3253	3167	3310	3323	3310	3571	3419	3487	3309	3669	3456	3468	3450	3571	3481	3516
Special steel, hot-rolled steel product	1400	1250	1361	1181	1207	1251	1302	1327	1239	1323	1268	1421	1342	1433	1379	1361

การส่งออกเหล็กกล้ามีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปลายปี 1985 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเตาอาร์ค การส่งออกของปี 1987 ได้ลดลง 4.64 ล้านตัน หรือ 15.3% จากปีก่อน ซึ่งหากจะพิจารณาถึงแหล่งที่ส่งสินค้าไปแล้ว จะพบว่าการส่งออกไปยังประเทศจีนลดลง 3.4 ล้านตันในปี 1987 และครึ่งแรกของปี 1988 ลดลง 1.21 ล้านตันหรือ 9.45% ในส่วนการนำเข้ากลับพบว่าได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพราะค่าของเงินเยนที่เพิ่มขึ้น ในกรณีของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาพบว่ามีการนำเข้าเพิ่มขึ้น 1.55 ล้านตันในปี 1987 หรือ 53.3% สูงขึ้นจากปีก่อน โดยแบ่งเป็นการนำเข้าจากประเทศเกาหลี 6 แสนตัน และประเทศอื่นๆ เช่น ตุรกี, อินโดนีเซีย และรูเมเนีย การนำเข้าในครึ่งแรกของปี 1988 ได้เพิ่มขึ้นถึง 1.53 ล้านตันหรือ 81% จากระยะเวลาเดียวกันของปีก่อน ซึ่งแบ่งเป็นการนำเข้าจากเกาหลีและบราซิล เพิ่มขึ้น 660,000 และ 270,000 ตัน ตามลำดับ

จากสภาพการณ์ที่กล่าวมาแล้วนี้ ตลาดของเหล็กกล้าก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือลดลงตั้งแต่ครึ่งหลังของปี 1985 แล้วกลับเพิ่มขึ้นในปลายปี 1987 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เหล็กก่อสร้างต่างๆ ส่วนจำนวนพนักงานในอุตสาหกรรมเหล็กก็ลดลงด้วย เนื่องจากความเข้มงวดที่จะจ้างงานเพิ่มและการย้ายพนักงานไปยังกิจการอื่น ๆ ของบริษัทผู้ผลิตเหล็กต่าง ๆ ซึ่งก็มีการคาดการณ์ไว้ว่าอุตสาหกรรมเหล็กในญี่ปุ่นก็คงจะมีแนวโน้มที่จะลดการผลิตลงต่อไป ดังนั้นบรรดากิจการต่าง ๆ ก็ได้พยายามปรับปรุงประสิทธิภาพ ลดขนาดของกิจการลงและขยายกิจการไปทางด้านอื่น ๆ ในแง่การลงทุนทางด้านอุปกรณ์เครื่องมือ ในปี 1988 ได้มีแผนจะลงทุนเพิ่ม 501.9 พันล้านเยนหรือเพิ่มขึ้น 20 พันล้านเยนจากปีก่อน (4.2%) ซึ่งการลงทุนนี้เป็นการมุ่งที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพ, ลดขนาดของกิจการลง และประหยัดพลังงาน ในส่วนของการใช้และแหล่งของวัตถุดิบได้มีการใช้แร่เหล็กเพิ่มขึ้น 110.69 ล้านตันในปี 1987 หรือเพิ่มขึ้น 5.2% จากปีก่อน โดยแร่เกือบทั้งหมดนำเข้าจากต่างประเทศ (เพิ่มขึ้น 118.06 ล้านตันหรือ 6.4% จากปีก่อน) แร่เหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากออสเตรเลีย, บราซิล และอินเดีย ซึ่งคิดเป็น 82.3% ของปริมาณแร่นำเข้าทั้งหมด สำหรับถ่านหินนั้นในปี 1987 มีการใช้ถึง 62.76 ล้านตันหรือเพิ่มขึ้น 3.2% จากปีก่อนและก็เช่นเดียวกันถ่านหินส่วนใหญ่ก็นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย, สหรัฐอเมริกา และแคนาดา ซึ่งมีปริมาณเป็น 82.4% ของถ่านหินที่นำเข้าทั้งหมด

2. เทคโนโลยีและอุปกรณ์

2.1 Ironmaking

การผลิตและความต้องการผลิตภัณฑ์เหล็กกล้ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลของนโยบายการขยายตลาดภายในประเทศและการปรับตัวของบริษัทที่ผลิตเหล็กกล้าต่าง ๆ ตามแผนการผลิตเพื่อให้มีประสิทธิภาพและความคล่องตัว ดังนั้นผลผลิตของเตา Blast furnace จึงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ตั้งแต่ครึ่งหลังของปี ค.ศ. 1987 จากการดำเนินการตามแผนการปรับตัวของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ จำนวนของเตา Blast ที่ยังติดตั้งอยู่จึงลดลงเหลือเพียง 42 เตา (นับเมื่อสิ้นสุดเดือนมิถุนายน 1982) ส่วนเตา Blast ที่ยังทำงานอยู่จริงยังคงเป็น 36 เตา เท่ากับปี 1987 ทั้งนี้มีการปิดและเปิดเตาสลับกันไปตามบริษัทต่าง ๆ ตารางที่ 2 แสดงผลการทำงานของเตา Blast ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ คือ

1. ประสิทธิภาพการผลิตเริ่มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เมษายน 1987 โดยในเดือนพฤศจิกายนปีเดียวกันนั้นได้เพิ่มขึ้นถึง 1.22 ตัน/ม^3 ต่อวัน และค่าเฉลี่ยครึ่งปีแรกของปี 1988 ก็เพิ่มขึ้นเป็น 1.89 ตัน/ม^3 ต่อวัน ขณะเดียวกันค่าอัตราส่วนของเชื้อเพลิงก็เพิ่มขึ้นเช่นกันโดยในปีนี้ก็อยู่ประมาณ 510 ก.ก./ตัน

2. การใช้ผง non-coking coal พ่นเข้าไปในเตามีอัตราการใช้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนซึ่งมักจะมีแนวโน้มการใช้มากขึ้นด้วยเหตุผลที่ว่าการใช้ผงนี้จะช่วยทำให้สภาวะภายในเตาคงที่, มีความประหยัด และช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันมีการใช้ลดลงเหลือ 28 ก.ก./ตัน

3. มีการเริ่มนำระบบ Artificial Intelligence เข้ามาใช้งานในการควบคุมเตาในขณะที่บางแห่งมีการศึกษาอย่างจริงจัง เช่น กรณีของเตาหมายเลข 5 ที่ Fukuyama Works บริษัท NKK Corp. สามารถควบคุมด้วยระบบนี้จนสามารถผลิตเหล็กที่มีปริมาณซิลิกอนต่ำถึง 0.1% ได้ เมื่อเดือนมกราคม 1988

4. ในกรณีของวัตถุดิบ การเตรียมแร่ที่ป้อนเตาได้มีการนำวิธีการที่เรียกว่า HPS ของบริษัท NKK มาใช้ โดยวิธีการนี้เป็นการรวมวิธี Sintering และ Pellets เข้าด้วยกัน

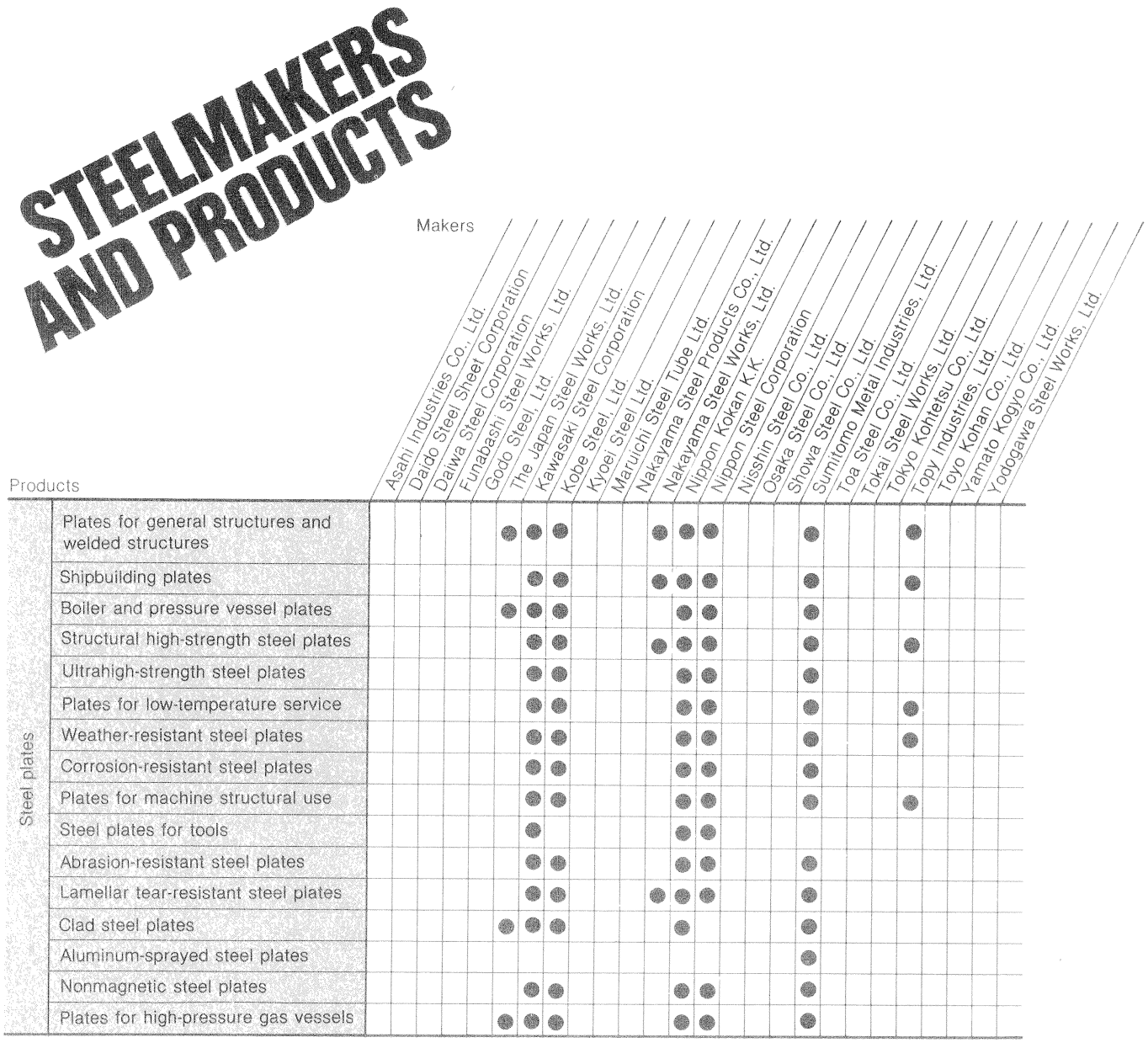
ตารางที่ 2 Operation performance of blast furnaces.

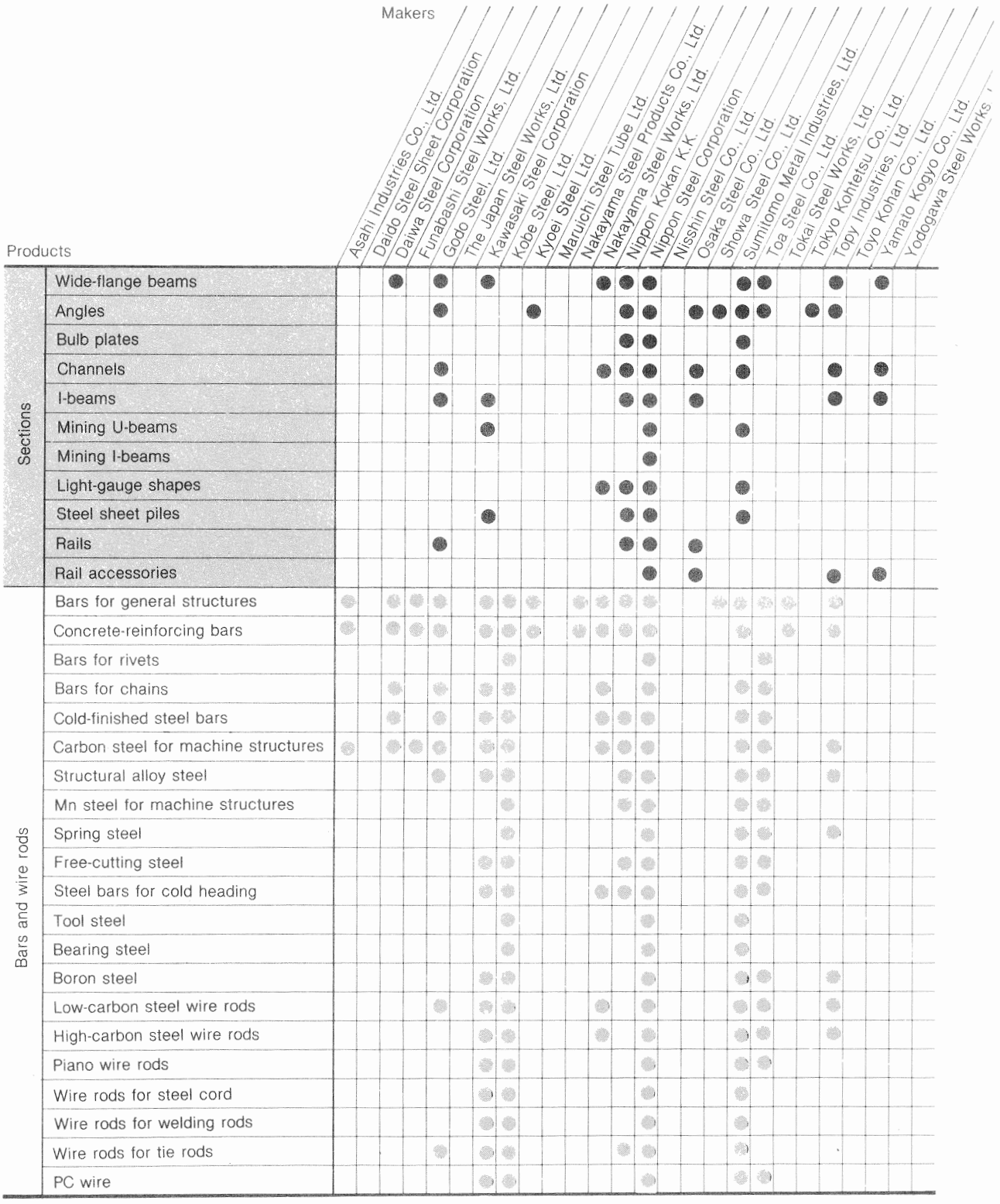
	1985 Average	1986 Average	1987 July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	1987 Average	1988 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	1988 Average (Jan.-June)
Iron ore ratio (kg/MT)	1619	1619	1610	1612	1611	1615	1618	1618	1614	1616	1614	1611	1609	1611	1612	1612
Coke ratio (average) (kg/MT)	484	482	477	475	474	475	477	474	477	471	475	476	479	477	480	476
Productivity ($MT/D^3 \cdot d$)	1.94	1.76	1.76	1.77	1.80	1.86	1.88	1.89	1.76	1.95	1.88	1.88	1.88	1.89	1.86	1.89
Ratio of sintered ore & pellets used (%)	83.6	83.7	83.3	83.5	83.9	84.2	84.6	85.4	84.1	84.9	84.4	84.8	85.0	84.1	83.7	84.5
Fuel ration (kg/MT)	500	507	510	508	508	507	509	508	509	505	509	508	509	507	510	508
	13.3	23.0	25.6	31.5	31.8	30.0	30.2	31.6	30.1	31.3	30.0	27.9	24.8	25.5	26.0	27.6

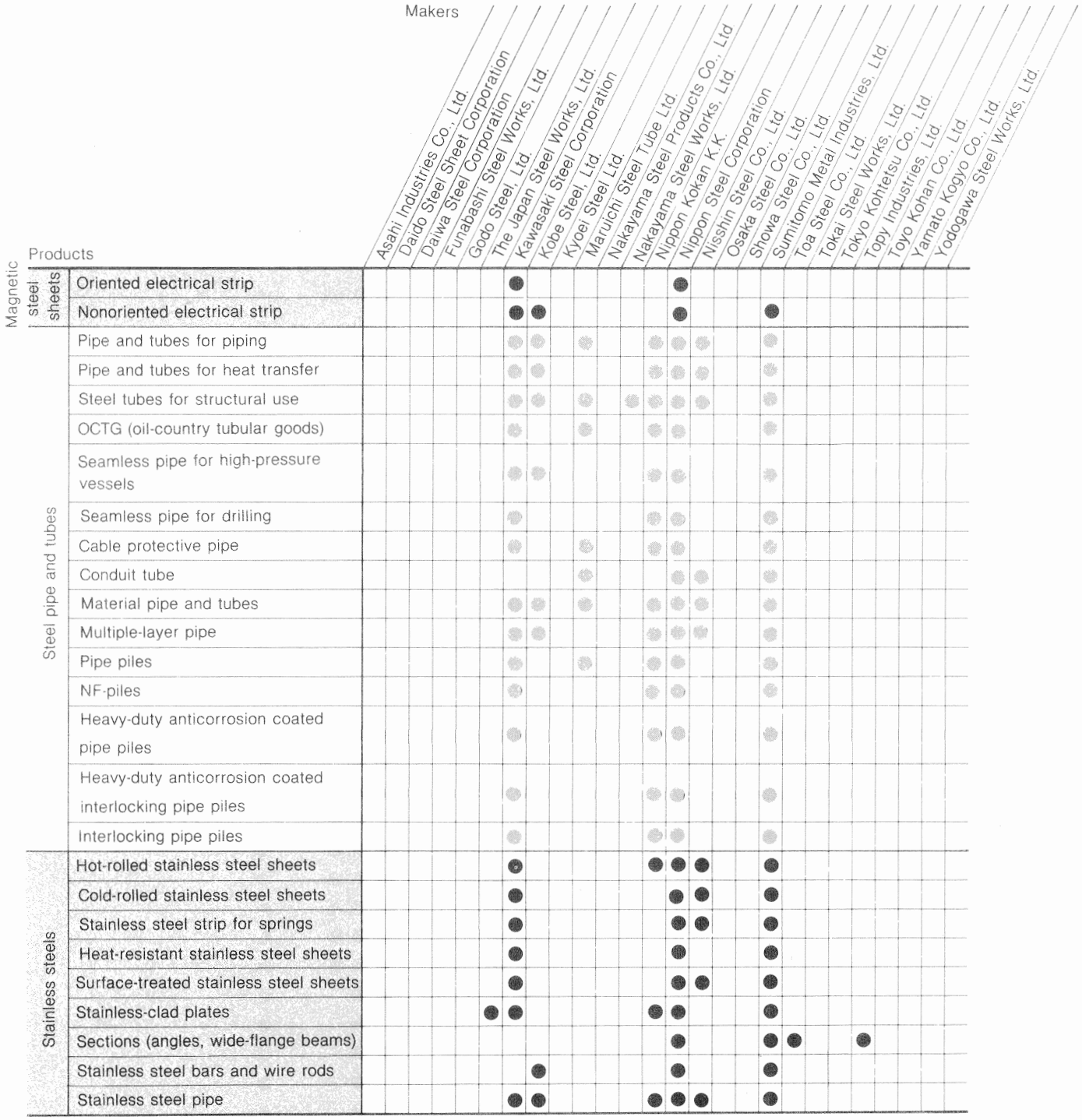
นอกจากนี้แล้วในส่วนของการทำงานของเตา Blast เอง ก็มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ซึ่งคาดกันว่าจะสามารถช่วยปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีการเหล่านี้รวมถึงการเติมถ่าน Coke ที่ส่วนกลางของเตาซึ่งจะทำให้ควบคุมการถ่ายเทของก๊าซและของเหลว (น้ำ, เหล็ก, ตะกรัน) ดียิ่งขึ้น และการใช้ micro computer ควบคุมการทำงานของเตา hot stove เพื่อให้ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น เป็นต้น

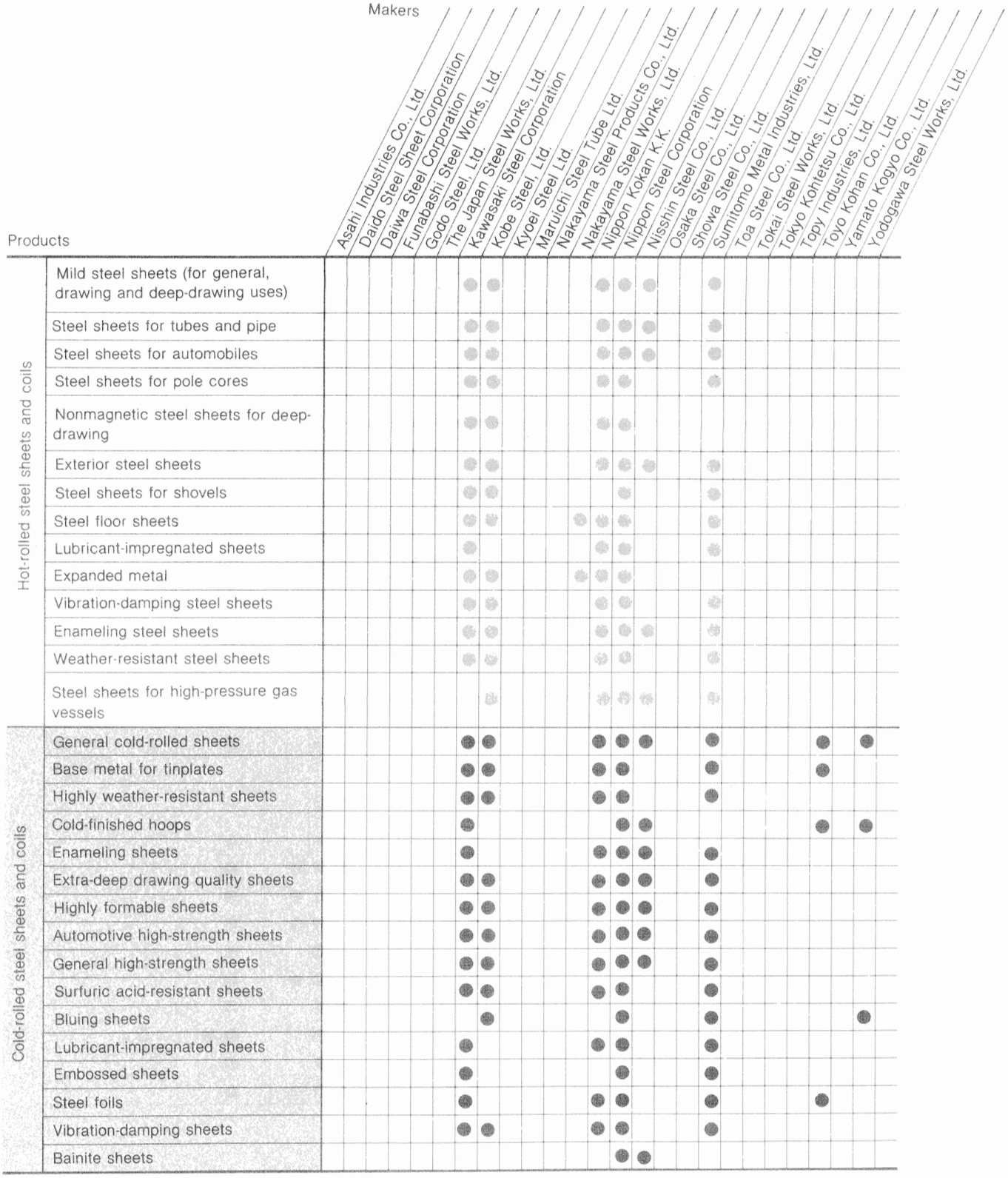
2.2 Steelmaking

แนวโน้มของการผลิตเหล็กกล้าในปัจจุบันนี้จะเป็นการเพิ่มปริมาณเหล็กที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง และอัตราส่วนการใช้ Continuous Casting ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4




Makers
Asahi Industries Co., Ltd.
Daido Steel Sheet Corporation
Daiwa Steel Corporation
Funabashi Steel Works, Ltd.
Godo Steel, Ltd.
The Japan Steel Works, Ltd.
Kawasaki Steel Corporation
Kobe Steel, Ltd.
Kyoei Steel Ltd.
Maruichi Steel Tube Ltd.
Nakayama Steel Products Co., Ltd.
Nakayama Steel Works, Ltd.
Nippon Kokan K.K.
Nippon Steel Corporation
Nisshin Steel Co., Ltd.
Osaka Steel Co., Ltd.
Showa Steel Co., Ltd.
Sumitomo Metal Industries, Ltd.
Toa Steel Co., Ltd.
Tokai Steel Works, Ltd.
Tokyo Kohtetsu Co., Ltd.
Topy Industries, Ltd.
Toyo Kohan Co., Ltd.
Yamato Kogyo Co., Ltd.
Yodogawa Steel Works,
Products
Sections
Wide-flange beams
Angles
Bulb plates
Channels
I-beams
Mining U-beams
Mining I-beams
Light-gauge shapes
Steel sheet piles
Rails
Rail accessories
Bars and wire rods
Bars for general structures
Concrete-reinforcing bars
Bars for rivets
Bars for chains
Cold-finished steel bars
Carbon steel for machine structures
Structural alloy steel
Mn steel for machine structures
Spring steel
Free-cutting steel
Steel bars for cold heading
Tool steel
Bearing steel
Boron steel
Low-carbon steel wire rods
High-carbon steel wire rods
Piano wire rods
Wire rods for steel cord
Wire rods for welding rods
Wire rods for tie rods
PC wire


Makers
Products
Asahi Industries Co., Ltd.
Daido Steel Sheet Corporation
Daiwa Steel Corporation
Funabashi Steel Works, Ltd.
Godo Steel, Ltd.
The Japan Steel Works, Ltd.
Kawasaki Steel Corporation
Kobe Steel, Ltd.
Kyoei Steel Ltd.
Maruichi Steel Tube Ltd.
Nakayama Steel Products Co., Ltd.
Nakayama Steel Works, Ltd.
Nippon Kokan K.K.
Nippon Steel Corporation
Nisshin Steel Co., Ltd.
Osaka Steel Co., Ltd.
Showa Steel Co., Ltd.
Sumitomo Metal Industries, Ltd.
Toa Steel Co., Ltd.
Tokai Steel Works, Ltd.
Tokyo Kohtetsu Co., Ltd.
Topy Industries, Ltd.
Toyo Kohan Co., Ltd.
Yamato Kogyo Co., Ltd.
Yodogawa Steel Works, Ltd.
Magnetic steel sheets
Oriented electrical strip
Nonoriented electrical strip
Steel pipe and tubes
Pipe and tubes for piping
Pipe and tubes for heat transfer
Steel tubes for structural use
OCTG (oil-country tubular goods)
Seamless pipe for high-pressure vessels
Seamless pipe for drilling
Cable protective pipe
Conduit tube
Material pipe and tubes
Multiple-layer pipe
Pipe piles
NF-piles
Heavy-duty anticorrosion coated pipe piles
Heavy-duty anticorrosion coated interlocking pipe piles
Interlocking pipe piles
Stainless steels
Hot-rolled stainless steel sheets
Cold-rolled stainless steel sheets
Stainless steel strip for springs
Heat-resistant stainless steel sheets
Surface-treated stainless steel sheets
Stainless-clad plates
Sections (angles, wide-flange beams)
Stainless steel bars and wire rods
Stainless steel pipe


Makers
Products
Asahi Industries Co., Ltd.
Daido Steel Sheet Corporation
Daiwa Steel Corporation
Funabashi Steel Works, Ltd.
Godo Steel, Ltd.
The Japan Steel Works, Ltd.
Kawasaki Steel Corporation
Kobe Steel, Ltd.
Kyoei Steel Ltd.
Maruichi Steel Tube Ltd.
Nakayama Steel Works, Ltd.
Nakayama Steel Products Co., Ltd.
Nippon Kokan Kogyo Co., Ltd.
Nippon Kokan K.K.
Nisshin Steel Corporation
Osaka Steel Co., Ltd.
Showa Steel Co., Ltd.
Sumitomo Metal Industries, Ltd.
Toa Steel Co., Ltd.
Tokai Steel Works, Ltd.
Tokyo Kohtetsu Co., Ltd.
Topy Industries, Ltd.
Toyo Kohan Co., Ltd.
Yamato Kogyo Co., Ltd.
Yodogawa Steel Works, Ltd.
Hot-rolled steel sheets and coils
Mild steel sheets (for general, drawing and deep-drawing uses)
Steel sheets for tubes and pipe
Steel sheets for automobiles
Steel sheets for pole cores
Nonmagnetic steel sheets for deep-drawing
Exterior steel sheets
Steel sheets for shovels
Steel floor sheets
Lubricant-impregnated sheets
Expanded metal
Vibration-damping steel sheets
Enameling steel sheets
Weather-resistant steel sheets
Steel sheets for high-pressure gas vessels
Cold-rolled steel sheets and coils
General cold-rolled sheets
Base metal for tinplates
Highly weather-resistant sheets
Cold-finished hoops
Enameling sheets
Extra-deep drawing quality sheets
Highly formable sheets
Automotive high-strength sheets
General high-strength sheets
Surfuric acid-resistant sheets
Bluing sheets
Lubricant-impregnated sheets
Embossed sheets
Steel foils
Vibration-damping sheets
Bainite sheets

	Products	Asahi Industries Co., Ltd.	Daido Steel Sheet Corporation	Daiwa Steel Corporation	Funabashi Steel Works, Ltd.	Godo Steel, Ltd.	The Japan Steel Works, Ltd.	Kawasaki Steel Corporation	Kobe Steel, Ltd.	Kyoei Steel Ltd.	Maruichi Steel Tube Ltd.	Nakayama Steel Products Co., Ltd.	Nakayama Steel Works, Ltd.	Nippon Kokan K.K.	Nisshin Steel Corporation	Osaka Steel Co., Ltd.	Showa Steel Co., Ltd.	Sumitomo Metal Industries, Ltd.	Toa Steel Co., Ltd.	Tokai Steel Works, Ltd.	Tokyo Kohtetsu Co., Ltd.	Topy Industries, Ltd.	Toyo Kohan Co., Ltd.	Yamato Kogyo Co., Ltd.	Yodogawa Steel Works, Ltd.
Coated steel sheets	Hot-dip zinc-coated sheets	●					●	●				●	●	●	●			●							●
	Hot-dip iron-zinc alloyed sheets						●	●					●	●	●			●							●	
	Hot-dip zinc-aluminum alloy-coated sheets	●					●							●	●			●							●	
	Electrolytic zinc-coated sheets						●	●					●	●	●			●								
	Electrolytic zinc alloy-coated sheets						●	●					●	●	●			●					●			
	Hot-dip aluminized sheets													●	●											
	Terne-coated sheets													●												
	Electrolytic copper-plated sheets														●											
	Tinplate						●						●	●									●			
	TFS-CT						●						●	●									●			
	Extra-light nickel/tin-coated sheets												●	●									●			
	Prepainted hot-dip zinc-coated sheets	●					●	●				●	●	●	●			●		●					●	
	Highly durable coated sheets	●					●						●	●	●			●		●					●	
	Prepainted hot-dip zinc-aluminum alloy-coated sheets	●					●							●	●			●		●					●	
	Prepainted electrolytic zinc-coated sheets						●						●	●	●			●		●						
	Decorative sheets (embossed, pattern-printed, specially finished, high-grade decorative-finished)	●					●						●	●	●			●							●	
	Precoated sheets	●					●	●						●	●			●		●					●	
	Weldable precoated sheets						●						●	●				●								
	PVC-coated sheets	●					●								●			●					●		●	
	Plastic-laminated sheets													●	●			●					●		●	
	Precoated stainless steel sheets						●							●	●										●	

ตารางที่ 3 Operation performance of converters.

	1985 Average	1986 Average	1987 July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	1987 Average	1988 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	1988 Average (Jan-June)
Production per steelmaking hour (MT/h)	326.3	331.8	333.2	333.3	333.5	341.0	340.2	339.3	336.5	348.0	345.4	336.6	337.9	338.8	338.1	340.8
Steelmaking time per tap to tap (min)	37	36	36	36	36	36	35	36	36	35	35	36	36	36	36	35.7
Pig iron mixing ratio★ (%)	93.7	95.1	95.0	94.7	94.7	94.1	94.1	94.5	94.8	94.8	94.7	95.7	95.0	95.4	95.6	95.2
Hot metal mixing ratio (%)	92.1	93.5	93.4	92.7	93.4	91.7	91.7	92.5	93.1	91.8	91.9	92.8	91.2	92.7	93.1	92.3
Oxygen blown (Nm^3/MT)	52.6	52.8	53.0	52.9	53.1	53.0	53.0	52.9	53.0	52.7	52.6	53.1	53.9	53.7	54.3	53.4
Ratio of continuously cast steel (%)	93.1	94.6	95.2	95.2	95.0	95.6	94.9	95.1	95.3	95.3	94.9	94.9	94.7	94.8	95.4	95.0
Ratio of vacuum treated steel (%)	53.3	53.5	53.5	53.1	52.5	50.2	51.8	51.2	52.9	51.7	51.9	53.0	51.8	52.2	52.4	52.2

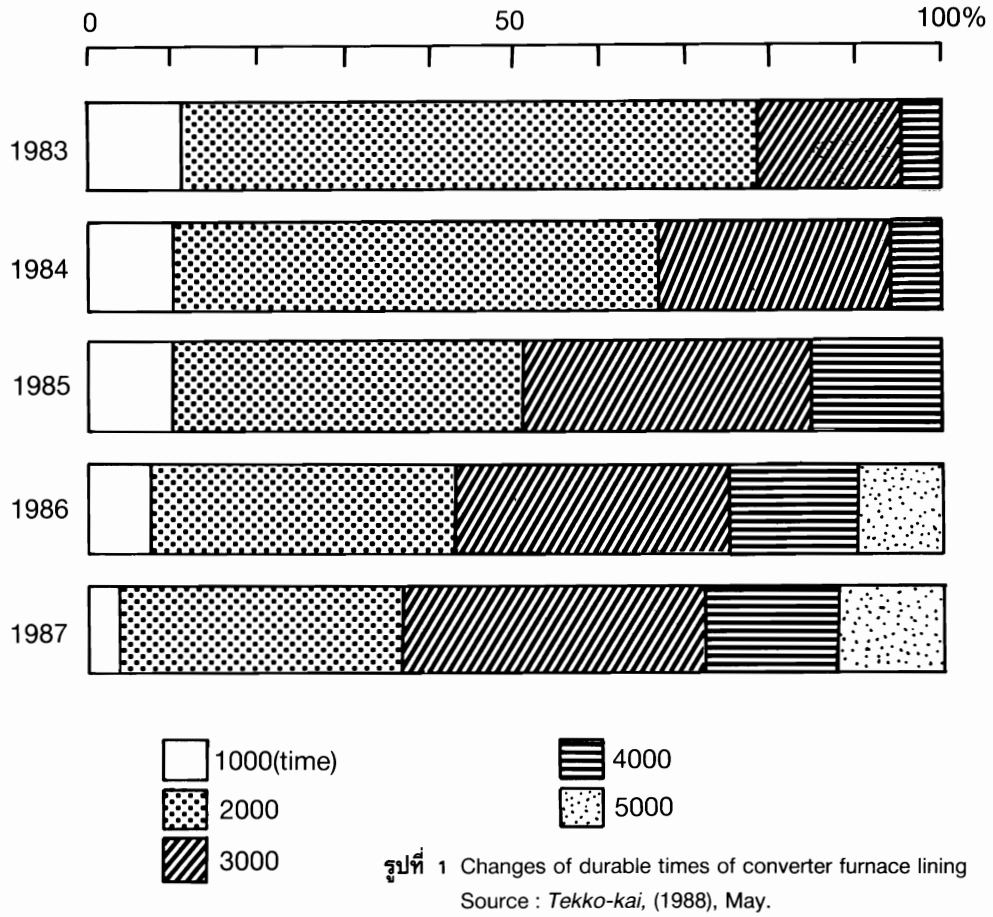
★*Pig iron in pig iron mixing ratio means hot metal+cold pit iron+cast iron scrap.*

ตารางที่ 4 Operation performance of electric furnaces.

	1985 Average	1986 Average	1987 July.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	1987 Average	1988 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	1988 Average (Jan-June)
Productions per steelmaking hour (MT/h)	37.3	40.9	40.0	39.6	39.6	40.3	41.2	41.6	40.8	42.1	41.8	41.0	41.2	42.1	40.8	41.5
Electric power consumption per ton of good ingots (kWh/MT)	419.0	402.6	402.9	403.3	396.3	400.4	396.1	394.4	397.8	389.7	389.4	393.6	394.4	395.8	397.8	393.5
Oxygen-consumption per ton of good ingots★ (Nm^3/MT)	29.5	24.4	23.9	24.0	24.2	24.6	25.4	25.1	24.3	25.2	24.9	25.0	24.1	24.8	24.7	24.8
Yield of good ingots (%)	90.9	91.4	91.7	91.5	91.7	91.7	91.8	92.0	91.7	92.0	91.9	91.7	91.8	91.8	91.7	91.8
Ratio of continuously cast steel (%)	82.3	84.8	84.3	84.2	84.3	85.5	85.9	85.8	85.2	86.0	85.1	84.9	84.7	85.5	84.2	85.1
Ratio of alloy steel (%)	30.9	30.8	33.2	32.4	33.2	31.3	30.4	30.9	31.1	30.8	31.9	31.9	31.8	30.7	31.6	31.5

★*Oxygen consumption for 1985 includes miscellaneous uses other than furnace injection*

บริษัทที่ผลิตเหล็กทุกแห่งพยายามที่จะลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มความก้าวหน้าของผลิตภัณฑ์คุณภาพ ซึ่งกรณีของ Steelmaking มีการพยายามขยายการทำของ Hot metal, secondary refining และการประหยัดพลังงาน เพื่อให้ผลิตเหล็กกล้า pre treatment ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีและมีความสะอาดสูง รูปที่ 1 แสดงถึงแนวโน้มอายุการใช้งานของวัสดุทนไฟของเตา Converter ซึ่งจะเห็นว่ามีอายุงานยาวขึ้น เนื่องจากคุณภาพของวัสดุทนไฟ และเทคนิคการควบคุมเตา converter มีการเพิ่มการใช้อิฐประเภท Magnesia carbon ทำให้อายุของอิฐยาวขึ้นเกือบ 2 เท่าตัว



รูปที่ 1 Changes of durable times of converter furnace lining
Source : *Tekko-kai,* (1988), May.

ในส่วนของเตาอาร์คไฟฟ้า มีการเริ่มนำเตาแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามาใช้ ซึ่งมีข้อได้เปรียบเตาแบบกระแสสลับธรรมดาหลายด้าน คือ

1. ลดการสึกหรอของแท่งอีเลคโทรด
2. ลดปริมาณกระแสไฟที่ใช้
3. ลดเวลาการหลอม
4. ลดการสึกหรอของวัสดุทนไฟ

โรงงาน Toyohashi Works ของบริษัท Topy Industries เป็นบริษัทแรกของญี่ปุ่นที่เริ่มนำเตาแบบนี้มาใช้เมื่อเดือนมกราคม 1988 ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง จากจุดเริ่มนี้ทำให้อีกหลาย ๆ บริษัทเริ่มสนใจ เช่น บริษัท Tokyo Steel Manufacturing จำกัด กำลังดำเนินการก่อสร้างเตาแบบนี้ขนาด 130 ตัน ซึ่งจะเป็นเตาที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยคาดว่าจะสามารถใช้งานได้ในเดือนกันยายนปีนี้

ในตารางที่ 5 แสดงการเพิ่มการใช้งานของ secondary refining treatment เป็น 71.7% และ 53.4% สำหรับ Converter และเตาอาร์คตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นถึงความต้องการเหล็กคุณภาพสูงมีมากขึ้น

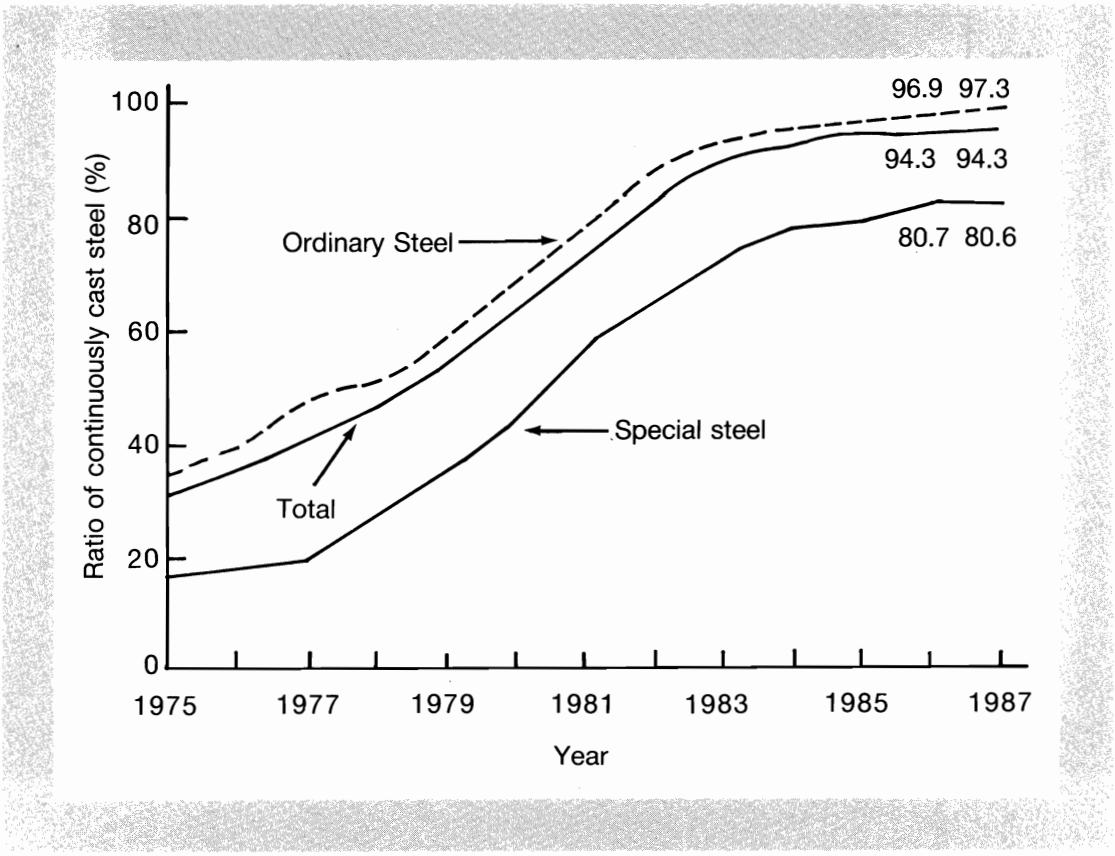
ตารางที่ 5 Secondary refined steel ratio and its trend. (%)

		1984	1985	1986	1987
Converter	Total secondary refined steel	–	65.9	70.4	71.7
	Vacuum treated steel (out of the above figure)	50.0	53.3	53.5	52.9
Electric furnace	Total secondary refined steel	42.5	49.1	51.4	53.4

Source : *Takko-kai,* (1988), No. 5 (May).

2.3 Continuous Casting and Blooming-Slabbing

รูปที่ 2 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการใช้ Continuous Casting ในประเทศญี่ปุ่น ถึงปี 1987 ในกรณีของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาอัตราส่วนเพิ่มเป็น 97.3% (80.54 ล้านตัน) หรือเพิ่มขึ้น 0.4% จากปีก่อน ส่วนเหล็กพิเศษอัตราส่วนในปี 1987 เป็น 80.6% (14.47 ล้านตัน) หรือเพิ่มขึ้น 0.1% จากปีก่อน



Ratio of continuously cast steel (%) = Continuous cast material/Total hot rolled material

รูปที่ 2 The change of the ratio of continuous casting production.
Source : *Takko-kai,* (1988), No. 5 (May).

เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้มีการพัฒนาระบบ thin slab caster ขึ้น ซึ่งบริษัท Hitachi ร่วมกับโรงงาน Chiba Works ของบริษัท Kawasaki Steel Corp. ได้ทดลองรีดเย็น Hot Coil จากเครื่อง thin slab caster ได้สำเร็จเป็นครั้งแรกในโลก วัสดุเริ่มต้นที่ใช้เป็นเหล็กที่ผลิตโดยเครื่องทดลองแบบ twin-belt type thin slab caster ที่เป็น slab หนา 30 ม.ม. หล่อด้วยความเร็ว 10 เมตร/นาที แล้วม้วนในสภาพร้อนเป็นขดขนาด 12 ถึง 16 ตัน จากนั้น

นำไปรีดร้อน โดยไม่มีการเผาเหล็กซ้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้เป็นเหล็กแผ่นรีดเย็นสำหรับการใช้งานทั่วไป ส่วนการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็นแบบอื่น ๆ กำลังอยู่ระหว่างการทดลองต่อไป นอกจากนี้แล้วโรงงาน Sagamihara Works ของบริษัท Nippon Metal Industry จำกัดได้ทำการทดลองผลิต Strips เหล็กกล้าไร้สนิมที่มีความหนา 2-4 ม.ม. กว้าง 600 ม.ม. โดยใช้เครื่องทดลองสำหรับผลิต Strip บางด้วยกระบวนการ rapid solidification จากสภาพหลอมเหลวโดยใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูก

ในส่วนของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์ค บริษัท Topy Industries จำกัด ได้เป็นผู้นำในการใช้อุปกรณ์ heating ภายใน tundish กับเหล็กหลอมเหลว อุปกรณ์นี้ได้ทำการพัฒนาร่วมกับบริษัท Sumitom Industries จำกัด โดยสามารถที่จะรักษาอุณหภูมิของน้ำเหล็กภายใน tundish ให้คงที่ได้ และปรับปรุงคุณภาพเนื้อภายในของ Slab ที่หล่อมาได้โดยการทำให้ inclusion ลอยขึ้นมาจากน้ำเหล็กโดยใช้การกวน

2.4 Rolling and Surface treatment

ในส่วนของการรีดเหล็กแผ่นปริมาณการผลิตได้เพิ่มสูงขึ้นกว่าปี 1986 โดยกรณีของเหล็กแผ่นรีดร้อนมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ แต่ไม่มีการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ ส่วนเหล็กแผ่นรีดเย็นและเหล็กแผ่นเคลือบได้มีการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ ๆ และปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรเก่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อสนองความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเหล็กแผ่น โรงงาน Fukuyama Works ของบริษัท NKK Corp. ได้ติดตั้งเครื่องจักรสำหรับผลิตเหล็กแผ่นไร้สนิม ในขณะที่โรงงาน Mizushima Works ของบริษัท Kawasaki Steel Corp. ได้ติดตั้งเครื่อง edge. miller ในช่วงที่ผ่านมานี้ ในแง่ของเทคโนโลยีการผลิตได้มีการพัฒนาต่าง ๆ หลายด้านซึ่งรวมถึงเทคนิคการผลิตแผ่นเหล็ก taper ในแนวขวาง และเหล็กทนไฟสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก โดยบริษัท Nippon Steel Corp. เทคนิคการผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมแรงดึงสูง และเทคนิคการปรับระนาบผิวของเครื่องปรับระนาบผิวร้อนสำหรับเหล็กแผ่นโดยโรงงาน Fukuyama Works บริษัท NKK Corp. การผลิตเหล็กแผ่น Ultra-heavey สำหรับ Skyscrapers และเทคนิคการผลิตเหล็กกล้าแรงดึงสูง สำหรับการเชื่อมแบบ large-heat input โดยบริษัท Sumitomo Metal Industries การใช้ Direct gamma-ray วัดความหนาของแผ่นเหล็กใน plate finishing mill โดยโรงงาน Mizushima Works ของบริษัท Kawasaki Steel Corp. และเทคนิคการผลิตเหล็กแผ่น nickel-clad steel โดยโรงงาน Sagamihara Works ของบริษัท Nippon Steel Corp.

สำหรับเครื่องจักรรีดร้อน มีการติดตั้งเครื่องคัดขนาด Slab แบบ Sizing press ที่ Kashima Steel Works บริษัท Sumitomo Metal Industries และเรื่องเผาขอบเหล็กที่ส่วน Entry ของ finishing mill ที่โรงงาน Hirohata Works บริษัท Nippon Steels Corp. ในแง่ของเทคโนโลยีมีการพัฒนาต่าง ๆ รวมถึงการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิด heavy plate ที่ทนแรงดึงได้ 70 และ 80 ก.ก.แรง/ม.ม.^{2} สำหรับโครงสร้างที่ต้องการให้ทำงานง่าย โดยโรงงาน Kashima Steel Works บริษัท Sumitomo Metal Industries และการพัฒนาระบบ mill setting simulation program สำหรับ hot tandem mill โดยบริษัท Kobe Steel จำกัด

ในส่วนของอุปกรณ์รีดเย็น ที่ได้มีการติดตั้งไปแล้ว ได้แก่ โรงรีดโรงที่ 3 อุปกรณ์ continuous annealing เครื่องที่ 3 และเครื่อง Laser dull working machine ที่ Fukuyama Works ของบริษัท NKK Corp., อุปกรณ์ continuous annealing เครื่องที่ 3 ที่โรงงาน Chiba Works บริษัท Kawasaki Steel Corp., เครื่องชุบแบบต่อเนื่องและ reversing mill ที่ Wakayama Steel Works บริษัท Sumitomo Metal Industries เตา Batch annealing แบบใหม่, เครื่องชุบโครเมี่ยมสำหรับลูกกลิ้ง และเครื่อง Laser dull working machine ที่ Kakogawa Works บริษัท Kobe Stal, และ AP line และ SL line สำหรับเหล็กแผ่นบางที่ Itabashi Works ของบริษัท Nippon Metal Industry นอกจากที่กล่าวมาแล้ว โรงงาน Kimitsu Work บริษัท Nippon Steel Corp. ได้ปรับปรุงเครื่อง continuous pickling และเครื่องรีดเย็นใหม่ สำหรับเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาใหม่ได้แก่เทคโนโลยี minute trimming โดยบริษัท Nippon Steel Corp. และเทคนิค thin-belt rolling สำหรับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดกว้างและบางมาก โดยโรงงาน Hanshin Works ของ Kawasaki Steel Corp.

ในส่วนของอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการชุบเคลือบผิวต่าง ๆ ที่มีการติดตั้งไปแล้วได้แก่ damping steel plate line ที่ Nagoya Works บริษัท Nippon Steel Corp., เครื่องชุบสังกะสีแบบต่อเนื่องใหม่ที่ Keihin Works เครื่องชุบ

สังกะสีด้วยไฟฟ้า (CGL) เครื่องที่ 4 และเครื่องชุบอเนก-ประสงค์ (UCL) ที่ Fukuyama Steel Work บริษัท Sumitomo Metal Industries อุปกรณ์ผลิต damping steel coil ที่ Kakogawa Works บริษัท Kobe Steel และเตาเผา Bright annealing (BA) ที่บริษัท Nippon Stainless Steel จำกัด เทคนิคที่ได้รับการพัฒนาแล้วก็คือ เครื่องควบคุมความหนาของฟิลม์น้ำมัน โดยใช้ ellip-someter ความเร็วสูง โดยบริษัท NKK Corp. การเคลือบ multi layer thin film โดยบริษัท Nippon Steel Corp. และเทคนิคการผลิตเหล็กแผ่นชนิด thin film clear-type organic composite โดยบริษัท Sumitomo Metal Industries จำกัด

2.5 อุปกรณ์และการควบคุม

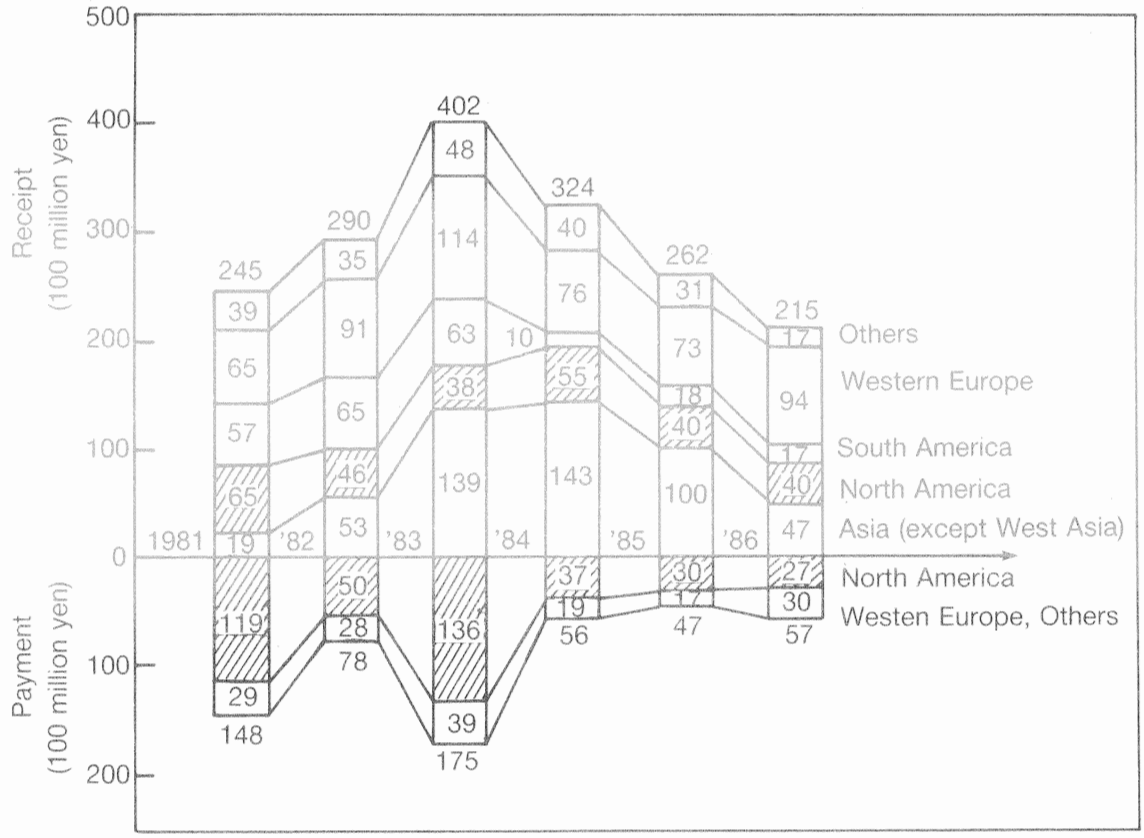
ได้มีการนำระบบควบคุมและการบริหารแบบใหม่ โดยการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมในงานอุตสาห-กรรมเหล็กและเหล็กกล้ามาใช้ในหลายส่วนของกระบวนการผลิต เทคโนโลยีที่มีการนำมาใช้อย่างต่อเนื่องกับเตา Blast ได้แก่ ระบบควบคุมการทำงานของเตา Blast โดยระบบ Artificial Intelligence (AI) เช่น การควบคุมความร้อนของเตาซึ่งใช้วิธีแบบคาดการณ์และป้องกัน (go-stop system) ความผิดปกติของสภาวะภายในเตา การวิเคราะห์สภาวะของเตาแบบระยะปานกลางและระยะยาวส่วนการวิเคราะห์ระยะสั้นจะเป็นการทำนายสาเหตุความผิดปกติของเตา การใช้ระบบ expert system ที่จะวิเคราะห์สภาวะของเตาอันจะช่วยให้การทำงานมีสภาพคงที่

จากการที่ความต้องการผลิตภัณฑ์มีหลายประเภท ทั้งขนาด, คุณภาพ, ชนิด ฯลฯ และปริมาณของแต่ละชนิดก็มักจะมีไม่มากนัก จึงมีการนำระบบ (AI) มาใช้ในการจัดรายการการผลิตและการบริหารการผลิต ผลงานที่ควรจะได้กล่าวถึงบ้างก็คือ ระบบการเตรียมการสำหรับการจัดรายการผลิตแบบอัตโนมัติในกระบวนการ Steelmaking (Converter, ladle refining process, continuous casting) และระบบการจัดรายการการผลิตแบบใหม่ (Hirohata Works, Nippon Steel Corp.)

นอกจากนี้แล้วก็ยังมีการพัฒนาระบบทางด้านการบำรุงรักษากล่าวคือ การวิเคราะห์ข้อมูล การบำรุงรักษาเครื่องมือ การควบคุมอุปกรณ์ในเชิงปริมาณและการจัดระบบเพื่อช่วยปรับปรุงและประเมินบุคลากรในงานบำรุงรักษา เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์วัดต่าง ๆ และระบบการวัดที่ใช้ในการควบคุมต่าง ๆ ก็ได้มีการพัฒนาในหลายบริษัท ได้แก่ การวัดรอยแตกในผนังเตา Coke oven การวิเคราะห์ซิลิกอนด้วยเครื่องวิเคราะห์ที่รวดเร็วเพื่อใช้ในกระบวนการลดปริมาณซิลิกอนที่โรงหล่อ หัววัดความหนาและการกระจายของ burden layer, elipsometer ความเร็วสูงที่ใช้ในการวัดความหนาของฟิลม์น้ำมันในอุปกรณ์ชุบดีบุกด้วยไฟฟ้า และระบบควบคุมความหนาของแผ่นเหล็กสำหรับ Cold tandem mill และ Cold reverse mill

3. การนำเข้าและส่งออกเทคโนโลยี

การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศญี่ปุ่นหลังวิกฤต-การณ์น้ำมันได้ถึงจุดสูงสุดเมื่อเดือนมิถุนายน 1985 ซึ่งหลังจากนั้นเศรษฐกิจก็ได้เริ่มตกต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากค่าของเงินเยนที่สูงขึ้น ทำให้ธุรกิจต่าง ๆ ตกต่ำที่สุดเมื่อเดือนพฤศจิกายน 1986 หลังจากนั้นสภาวะเศรษฐกิจก็เริ่มดีขึ้นในอัตราที่รวดเร็วโดยไม่ได้คาดคิด ลักษณะการฟื้นตัวนี้เป็นไปในลักษณะที่ความต้องการภายในประเทศสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการส่วนบุคคล และการลงทุนเกี่ยวกับบ้านพักอาศัย และเนื่องจากผลกำไรจากการนำเข้าได้เพิ่มมากขึ้นจากการเพิ่มมูลค่าของเงินเยน การนำเข้าซึ่งเดิมเป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่ก็เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมากขึ้นการขยายตัวทางด้านการนำเข้าผลิตภัณฑ์เหล่านี้ประกอบกับการปรับตัวของบริษัทต่าง ๆ ที่เปิดกว้างสู่ประเทศต่าง ๆ มากขึ้น โดยมีการร่วมมือระดับนานาชาติได้ส่งผลโดยตรงต่อบริษัทผู้ผลิตเหล็กกล้าในญี่ปุ่น



รูปที่ 3 Balance of technology trade of steel industry.

Source : "Report on the survey of the Research and Development", Statistics Burcau, Management and Coordination Agency, The Japanese Government, (1982-1986).

จากสถิติของรัฐบาลญี่ปุ่น ดุลย์การค้าทางด้านความรู้ทางเทคโนโลยีมีการได้เปรียบดุลย์มาตั้งแต่ปี 1974 และยังอยู่ในสภาพนี้มาจนถึงปัจจุบัน จากรูปที่ 3 การส่งออกเทคโนโลยีในปี 1986 มีมูลค่า 21.5 พันล้านเยนและนำเข้า 5.7 พันล้านเยนซึ่งได้เปรียบดุลย์อยู่ 15.8 พันล้านเยน จากรูปจะเห็นได้ว่า การได้เปรียบดุลย์เริ่มลดลงตั้งแต่ปี 1983 ทั้งนี้เนื่องจากการส่งออกเทคโนโลยีไปประเทศในเอเชียได้ลดลงเป็นอันมาก เทคโนโลยีที่ส่งออกไม่ว่าจะไปยังประเทศพัฒนาแล้วหรือกำลังพัฒนาส่วนใหญ่จะเป็นด้านการช่วยเหลือแนะนำทางด้านเทคนิคซึ่งรวมถึง การศึกษาความเป็นไปได้ การแนะนำการผลิต, การวางแผนเพื่อปรับปรุงโครงการต่างๆ เป็นต้น ตารางที่ 6 และ 7 ได้แสดงผลการสำรวจการนำเข้าและส่งออกเทคโนโลยีที่จัดทำโดย ISIS

ตารางที่ 6 Contents of technology exports. (September, 1987-August, 1988)

Field	South East Asia	East Asia	West Asia	North America	Central & South America	Europe	Oceania	Total
(A) Raw Materials, Ironmaking								
1) Cokemaking					1		2	3
2) Raw material handling facilities		2	1	3	1	2	3	12
3) Blast furnace operation		1		1	3		2	7
4) Ferroalloys and others	1	1						3
5) Auxiliary facilities		1				2		3
(B) Steelmaking								
1) Hot metal pretreatment		2		1	1			4
2) Converter		1		8	2	1	1	13
3) Electric furnace	2	1		1	1			5
4) Secondary refining	2			3	1	2		8
5) Continuous casting, Ingotmaking				6	1	6	3	16
6) Auxiliary facilities				7	2		2	11
(C) Shaping, Processing								
1) Bar and wire rod	2	1		6		4	1	14
2) Pipe and tube	1			2	4	6	1	14
3) Plate		2		1		1		4
4) Sheet	2			11		7	2	22
5) Surface treatment	2	3		11	2	6		24
6) Heat treatment	3			1				4
7) Forming	2							2
8) Welding rods, Miscellaneous parts	2	2		10		1	1	16
9) Maintenance				5		1		6
(D) Other Operational Knowhow (incl. research related)	1			1	1			3
(E) Iron and Steel Works in General								
1) Feasibility study	1	2	2		1	3		9
2) Planning and design of steel plants	1			1		1		3
3) General operation guidance	1		1					2
4) Maintenance	3				1			4
5) Others		1				2	1	4
Total	28	18	4	79	22	45	10	215

Coverage: 45 member companies of ISIJ
Country names in areas:
South East Asia: The Philippines, Malaysia, Indonesia, Singapore, Thailand
East Asia: China, Taiwan
West Asia: India, Pakistan, Srilanka
North America: U.S.A., Canada
Central & South America: Brazil, Peru, Chile, Venezuela, Mexico, Jamaica
Europe: U.K.,France, Italy, Spain, The Netherlands, Sweden, Finland, Norway, Portugal
Occania: Australia, New Zealand

ตารางที่ 7 Contents of technology imports. (September, 1987-August, 1988)

Field	North America	Europe	Others	Total
(B) Steelmaking				
(1) Converter		1		1
(2) Electric furnace		1		1
(C) Shaping, Processing				
(1) Bar and wire rod		5		5
(2) Pipe and tube	2	2		4
(3) Surface treatment	2			2
(4) Forming		3		3
(E) Iron and Steel Works in General	1			1
Total	5	12	0	17

Coverage: 45 member companies of ISIJ
Country names in area:
North America: U.S.A.
Europe: F.R. Germany, Sweden, Austria

จากประเภทของเทคโนโลยีที่ส่งออกจะเห็นได้ว่ารวมถึงเทคโนโลยีที่มีการแข่งขันระหว่างประเทศอยู่ด้วยมาก เช่น การผลิตท่อเหล็ก, การผลิตเหล็กแผ่นและการชุบเคลือบผิวเหล็ก

4. พลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก

ในปี 1987 มีการใช้พลังงานเทียบเท่าเป็นถ่านหินเท่ากับ 68.87 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้น 6% จากปีก่อน แสดงถึงปริมาณการผลิตเหล็กที่เพิ่มขึ้น (650 ล้านตันในปี 1986) ถ้ามองถึงอัตราการใช้ต่อตัน เหล็กดิบจะเป็น 4.66 ล้านกิโลแคลอรี่/ตัน ซึ่งเท่ากับปีก่อน (4.65 ล้านก.ก.แคลอรี่/ตันในปี 1986) ถ้าจะดูเป็นชนิดของพลังงานจะพบว่า 80.6% มาจากถ่านหิน (80.4% ในปี 1986) 6.2% จากน้ำมัน (6.5% ในปี 1986) และ 13.2% จากการซื้อพลังงาน (13.1% ในปี 1986) จะเห็นว่าการใช้ถ่านหินและผลิตภัณฑ์จากถ่านหินที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมีการใช้ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานเหล็กสมบูรณ์แบบต่าง ๆ ได้มีการพยายามใช้ถ่านหินมากขึ้น

ถ้าจะดูในแง่ของการผลิตจะพบว่าการใช้พลังงานแบ่งเป็น Ironmaking 73.15 (73.5% ในปี 1986), Steelmaking 2.3% (2.3%), rolling 15.0% (14.7) และอื่น ๆ 9.6% (9.5%) ซึ่งมีระดับใกล้เคียงกับปีก่อน

5. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนา

บริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ ได้พยายามพัฒนาเทคโนโลยีเป็นอันมากเพื่อที่จะเป็นผู้นำในด้านราคา, คุณภาพ และชนิดในตลาดโลก ตารางที่ 8 แสดงสถิติปริมาณเงินที่ใช้ในด้านการวิจัยและพัฒนาของอุตสาหกรรมเหล็กถึงปี 1986 จะเห็นว่าอัตราส่วนค่าใช้จ่ายภายในด้านงานวิจัยในปี 1986 เท่ากับ 2.5% ซึ่งเพิ่มขึ้น 6.1% จากปีก่อน ปริมาณคนที่ใช้ในงานวิจัยเท่ากับ 197 ต่อ 10,000 คนพนักงาน ซึ่งเพิ่มขึ้น 11.3% จากปีก่อน ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาทั้งหมดแบ่งเป็นการวิจัยด้วยห้องปฏิบัติการของตัวเอง 255.2 พันล้านเยน (240.4 พันล้านในปีก่อน) และทำภายนอก 5.51 พันล้านเยน (5.23 พันล้านเยนในปีก่อน) ซึ่งในกรณีหลังจะเท่ากับ 8.6% ของงานวิจัยในห้องปฏิบัติของรัฐหรือ 70.4% ของงานวิจัยภาคเอกชน เงินทุนวิจัยภายในกิจการทั้งหมดต่อนักวิจัย 1 คนในปี 1987 มีมูลค่าถึง 46.39 พันล้านเยน ซึ่งรวมกับค่าจ้างด้วย (44.48 พันล้านเยนในปี 1986)

ตารางที่ 8 R & D expenses of steel industry.

Year	Internal R & D expense (million yen) (A)	R & D personnel★★ (No.of persons) (B)	Total sales★ (100 million yen) (C)	Total employees★★ (No.of persons) (D)	A/G (%)
1982	182 772	4907	122 018	327 186	1.5
1983	186 088	4963	116 543	312 368	1.6
1984	192 091	5278	126 468	314 075	1.5
1985	240 409	5405	123 855	305 734	1.9
1986	255 290	5503	100 642	280 050	2.5

★ According to statistics on R & D expenses.
★★ Number of persons as of the end of fiscal year.
Source: "Report on the Survey of the Research and Development", Statistics Bureau, Management and Coordination Agency, The Japanese Government, (1987).

6. ความเคลื่อนไหวทางเทคนิคของแผ่นเหล็กชุบสังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีราคาไม่แพงนัก และมีความต้านทานต่อการผุกร่อน โดยทำหน้าที่ป้องกันเหล็กที่เคลือบอยู่ จึงทำให้มีการนำสังกะสีมาใช้เพื่อป้องกันการผุกร่อนของเหล็กกล้าเป็นเวลานานมาแล้ว ในช่วงระยะหลัง เมื่อไม่กี่ปีมานี้ เนื่องจากการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล็กเคลือบสังกะสีชนิดใหม่ขึ้นมาหลายลักษณะซึ่งมีผลต่อกระบวนการผลิตด้วย ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ นี้ ทำให้ความต้องการเหล็กแผ่นชุบสังกะสีมีการขยายตัวออกไปมาก

6.1 วิธีการ Hot-dip Galvanizing

โดยทั่วไปแผ่นเหล็กที่ผ่านการชุบแบบ Hot-dip galvanizing นี้ จะมีความหนาสูงกว่า และความแข็งสูงกว่าแผ่นเหล็กที่ชุบด้วยไฟฟ้าเล็กน้อย เนื่องจากเกิด thermal aging ขึ้นระหว่างการผลิต ดังนั้นถ้าเทียบกับราคาและความทนทานต่อการผุกร่อนแล้วเหล็กแผ่นชนิดนี้จะมีข้อได้เปรียบกว่าการชุบด้วยไฟฟ้า การพัฒนาทางเทคนิคการผลิตได้มีการขยายตัวไปในทางที่ผลิตผลิตภัณฑ์หลายประเภทมากขึ้น นับตั้งแต่แผ่นเหล็กสำหรับทำ extra deep drawing ไปจนถึงเหล็กแผ่นกำลังสูงสำหรับประกอบโครงสร้างต่าง ๆ โดยการใช้งานมีการขยายตัวมากในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์

ในบรรดาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เหล็กแผ่น Galvannealed ซึ่งผิวเคลือบได้ผ่านการเผาเพื่อให้เกิดชั้นโลหะผสมจะมีคุณสมบัติเด่นที่ความสามารถในการยืดตัวเพิ่มขึ้นอย่างมาก มีความสามารถยึดเกาะผิวเคลือบที่ดีมาก และความสามารถในการเชื่อมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กแผ่นชุบสังกะสีทั่ว ๆ ไปที่ไม่สามารถทำผิวให้เป็นโลหะผสมได้ การผลิตเหล็กแผ่นชุบประเภทนี้ ก็ได้มีการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติในขบวนการทำชั้นโลหะผสมเพื่อให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ

เหล็กแผ่นชุบสังกะสีด้านเดียวที่ต้องการคุณสมบัติทั้งด้านการเคลือบสีด้านหนึ่งและความทนทานต่อการผุกร่อนโดยสังกะสีอีกด้านหนึ่งมีการใช้งานกับรถยนต์เป็นส่วนใหญ่ ก็ได้รับการพัฒนาในด้านหลัก 2 ด้าน คือ

ก. การป้องกันผิวที่ไม่ต้องการเคลือบสังกะสีโดยการเคลือบวัสดุป้องกันการเกาะติดของสังกะสีไว้ด้านหนึ่ง และ

ข. การใช้ electromagnetic pump และ roll coating เพื่อเคลือบผิว

นอกจากนี้ ก็มีการพัฒนาผิวเคลือบด้าน โดยการทำให้ผลึกของสังกะสีที่เคลือบมีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถควบคุมได้โดย

ก. ทำให้อ่างสังกะสีหลอมเหลวปราศจากตะกั่วเจือปน

ข. พ่นสารเคมี และ

ค. พ่นผงสังกะสี (Herty method)

เมื่อไม่นานมานี้ วิธีการ Herty method ได้รับความสนใจอย่างมากเพราะสามารถควบคุมความสม่ำเสมอได้ดีในการใช้กับ Galvannealed steel sheet ความเร็วของการ

ชุบถูกจำกัดไว้ที่ 150 เมตร/นาที เนื่องจากน้ำหนักผิวเคลือบมีน้อย และข้อจำกัดของเตาทำให้เกิดชั้นโลหะผสม แต่ถ้าใช้กับการเคลือบปกติและการเคลือบด้าน ความเร็วสูงสุดจะเร็วถึง 200 เมตร/นาที โดยการใช้ร่วมกับ gas-wiping method การที่จะชุบด้วยความเร็วสูงนี้ ก็ได้มีการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ เช่น

ก. การตั้ง Wiping nozzles ให้เป็นมุมแหลม

ข. การใช้ก๊าซไนโตรเจนคลุมไว้เพื่อลดการเกิด dross และ

ค. การป้องกันไม่ให้แผ่นเหล็กเขย่า โดยการใช้ air custion bearing และ แม่เหล็ก

และเพื่อจะให้เตาอบสามารถรับความเร็วของเหล็กที่เพิ่มขึ้นในขบวนการชุบได้ก็ได้มีการพัฒนาเตาอบแบบแนวดิ่งขึ้น เพื่อจะเพิ่มระยะทางในเตาได้นานขึ้น และลดเนื้อที่ของเครื่องจักรลง

ในส่วนของกระบวนการหลังการชุบ มีการพัฒนาหลายด้าน เช่น

ก. การทำ Chromate treat เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการผุกร่อน

ข. เหล็กเคลือบผิวด้วย organic polymer

ค. เหล็กเคลือบผิวประเภท high lubricant

ง. เหล็กแผ่น blacking และ

จ. เหล็กแผ่นเคลือบที่มีความสามารถในการบัดกรีสูง เป็นต้น

จากสถิติถึงเดือนกันยายน ปี 1988 เครื่องจักรชุบสังกะสีแบบต่อเนื่องในญี่ปุ่นมีการใช้งานทั้งสิ้น 37 เครื่อง โดย 9 เครื่องในนี้จะชุบโลหะผสมอลูมิเนียมสังกะสีได้ (5% Al-Zn หรือ 55% Al-Zn)

6.2 การชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า

สมัยก่อนเหล็กแผ่นชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้าจะถูกใช้เฉพาะงานภายใน เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เครื่องเรือนที่เป็นเหล็กทั่วไป เพราะความสวยงาม ผิวโลหะเคลือบบางและขึ้นรูปได้ง่าย ต่อมาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ก็ถูกนำมาใช้ในรถยนต์ ทำให้มีการใช้เหล็กที่เคลือบผิวหนาขึ้น แต่ก็พบปัญหาในเรื่องการขึ้นรูปและการเชื่อม จึงทำให้เกิดการพัฒนาเป็นการเคลือบสังกะสีผสมที่มีความทนทานต่อการผุกร่อนดีและมีการเกาะยึดผิวเคลือบดี ถึงแม้จะมีผิวที่บางก็ตาม

เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีผสมประเภทใหญ่ ๆ รวมถึง Zn-Co, Zn-Ni และ Zn-Fe กรณีของ Zn-Fe ถูกพัฒนามาเพื่อให้มีความทนทานต่อการผุกร่อนที่ดี ส่วนความต้องการอื่น ๆ เช่น ผิวเคลือบที่มีความต้านทานการติดของผิว ความสวยงามของผิวเคลือบ ฯลฯ ทำให้มีการพัฒนาผิวเคลือบที่มีหลายชั้นชนิดต่าง ๆ ขึ้นมา

เทคโนโลยีการผลิตของขบวนการชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า (EGL) มีกุญแจสำคัญอยู่ที่การเพิ่มความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบ โดยพยายามลดแรงดันไฟฟ้าลง เพื่อจะให้เกิดสิ่งนี้ ก็ได้มีการพยายามใช้วิธีการให้น้ำยาชุบหมุนเวียนในลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงถึง 200 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร หรือมากกว่า ในบรรดาเครื่องชุบทั้งหมด 20 เครื่อง ในญี่ปุ่นมีเครื่องที่ชุบด้วยความเร็ว 150 เมตร/นาที หรือมากกว่า 10 เครื่อง

ถังชุบแบบใหม่ประเภท horizontal type ซึ่งรวมถึงแบบ Jet cell, anode center injection all (ACIC) และ Liquid cushion cell (LCC) เป็นการชุบที่ใช้ anodes แบบไม่ละลาย โดยใช้น้ำยาชุบประเภทกรดซัลฟูริค จะสามารถเปลี่ยนแปลงรายการชุบโดยใช้เวลาสั้น และลดระยะห่างระหว่าง anode กับ cathode ลงได้ ส่วนถังชุบแบบ radial type ที่แผ่นเหล็กจะวิ่งผ่านถังชุบ โดยการพันรอบลูกกลิ้งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าจุ่มอยู่ในน้ำยาชุบจะมีลักษณะที่ง่ายที่จะใช้ anode ประเภทละลายและสามารถชุบด้านเดียวได้ นอกจากนี้ก็ยังมีการใช้ผงชุบประเภท Verticle cell ที่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของผิวเคลือบทั้งสองด้านได้ดี

ในการชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้านี้ การควบคุมน้ำยาชุบเป็นสิ่งที่สำคัญมาก การใช้ระบบอัตโนมัติและจัดระบบการวิเคราะห์ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกับการควบคุมปริมาณอิออนของสังกะสี (กรณีของ anode แบบละลาย) ระบบกรองตะกอน, การหล่อเย็นของน้ำยาชุบ และการป้องกันการผสมกันของน้ำยาชุบ (ในกรณีของการชุบโลหะผสม)

ระบบล่าสุดที่มีการพัฒนาก็คือการใช้ระบบ continuous vacuum deposition zine plating ก็ได้รับการสนใจเป็นอย่างมาก นอกจากนี้แล้วก็ยังได้มีการพยายามรวมระบบการเคลือบผิวกับการชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า หรือการชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้ากับการชุบแบบ Hot dip เข้าไว้ในเครื่องเดียวกัน จึงเป็นที่คาดกันว่าจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้ต่อไปได้อีกมาก

สรุปจากบทความของ Shigeo Hosoki : Chief Secretary, The Joint Research Society, The Iron and Steel Institute of Japan ลงพิมพ์ในวารสาร ISIJ International Vol 29 (1989) No.4