

# 太钢科技

内部资料

1

1977

太原钢铁公司科技处

# 目 录

|                                        |         |
|----------------------------------------|---------|
| 1. 1975年85炉转炉冷轧硅钢试验总结 .....            | ( 1 )   |
| 2. 转炉冶炼MnS硅钢工艺试验总结 .....               | ( 24 )  |
| 3. 转炉冷轧硅钢初轧开坯技术总结 .....                | ( 53 )  |
| 4. 转炉钢鞍钢半连轧热轧情况小结 .....                | ( 67 )  |
| 5. MnS冷轧取向硅钢冷轧热处理工序生产试验总结 .....        | ( 72 )  |
| 6. 炉卷轧机2.5毫米高硅钢卷热轧工艺的改进 .....          | ( 78 )  |
| 7. 1975年1—41炉转炉钢在北京钢研院试验结果的小结<br>..... | ( 92 )  |
| 8. 七三年转炉冶炼MnS冷轧硅钢及吹Ar试验小结 .....        | ( 104 ) |
| 9. 七四年转炉冶炼冷轧取向硅钢试验总结 .....             | ( 117 ) |
| 10. 用炉卷坯料轧成第一批冷轧硅钢卷的生产情况小结<br>.....    | ( 136 ) |

# 1975年85炉转炉冷轧硅钢试验总结

## 前 言

为了贯彻落实冶金部“关于加强冷轧硅钢生产和组织工艺试验的通知”，一九七五年在冶金部驻太钢工作组和太钢各级党委的领导下，在北京钢铁研究院、武汉钢铁公司和上海冶金局的参加下，利用我公司硅钢生产设备和由鞍钢半连轧厂协助，进行了85炉取向硫化锰冷轧硅钢（包括八炉武钢含铜硅钢）试验。

试验取得了较大的成绩。通过这次试验，对掌握采用硫化锰有利夹杂取向硅钢的生产工艺，特别是在顶吹氧气转炉冶炼和初轧开坯的工艺和操作方面，取得了较为系统的经验，对指导今后生产和进一步做好武钢含铜硅钢试验有很大帮助。

1975年4—6月在转炉共冶炼了85炉MnS有利夹杂冷轧硅钢，其中35炉进行钢包吹Ar、8炉加钢芯铝，8炉含Cu。本批MnS有利夹杂试验与以前MnS有利夹杂试验相比，以前Mn/S一般是10以下，而本批Mn/S控制较低（5—2）。本批试验统计有42套（54炉）试料，Z<sub>11</sub>2套，占1.4%，D<sub>340</sub>22套，占15.5%，D<sub>330</sub>6套占4.2%，D<sub>330</sub>以上（30套）高牌号率为21%。D<sub>320</sub>53套占37.4%、D<sub>310</sub>56套占39.5%；D<sub>310</sub>以上性能合格率98%，3套（2%）不合格。磁性平均值为：B<sub>10</sub>：17000高斯、B<sub>25</sub>：18000高斯，B<sub>50</sub>：19200高斯，B<sub>100</sub>：20000高斯。P<sub>10/50</sub>：0.63瓦特/公斤，P<sub>16/50</sub>：1.47瓦特/公斤，P<sub>17/50</sub>：2.12瓦特/公斤。即平均磁感高于D<sub>310</sub>水平，平均铁损接近D<sub>340</sub>水平。二钢钢锭合格率：86.6%，初轧轧成率：88.5%。这批钢的性能合格率水平比过去几年提高了40%以上。这是我国硅钢生产和科研工作，坚持贯彻执行毛主席“独立自主、自力更生”方针，“大搞群众运动”的结果。

## （一）工艺过程

### 一、冶炼：

本批85炉MnS有利夹杂转炉冷轧硅钢，是用50吨顶吹氧转炉冶炼，其化学成分、非金属夹杂物、气体夹杂见表1。

冶炼控制的化学成分如下：（%）

| C       | Si      | Mn        | P      | S           | Al    | Ni    | Cr    | Cu     |
|---------|---------|-----------|--------|-------------|-------|-------|-------|--------|
| 规定≤0.07 | 2.7/3.2 | ≤0.15     | ≤0.030 | ≤0.030      | ≤0.02 | ≤0.10 | ≤0.05 | ≤0.025 |
| 控制≤0.06 | 2.9/3.2 | 0.05/0.08 | ≤0.020 | 0.015/0.025 | ≤0.02 | ≤0.10 | ≤0.05 | ≤0.025 |

原材料:

①铁水成分要求: (%)

$S \leq 0.050$ ,  $P \leq 0.250$ ,  $Mn \leq 0.30$ ,  $Mn$ ,  $S$ 以二钢分析为准。

实际波动范围如下 (%)

表一

|      | Si        | Mn        | P           | S           |
|------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 波动值  | 2.36~0.61 | 0.07~0.26 | 0.083~0.166 | 0.005~0.070 |
| 平均值  | 1.335     | 0.14      | 0.109       | 0.0285      |
| 统计炉数 | 66        | 51        | 71          | 81          |

C Si Mn Al

②硅铁: 使用公司自产硅铁, 硅铁成分分析值: %: 0.16 73.37 0.15 2.40  
硅铁烘烤30分钟以上。

③采用高Al硅钙和中炭锰铁。

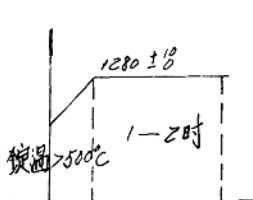
供氧和造渣: 同高硅钢冶炼规程。

终点温度1630—1650°C, 吹Ar炉温1620—1650°C。采用7.5吨静扁锭, 镇静12—18分钟; 吹Ar时间8—10分, 吹完镇静6—8分, 吹Ar压力6—8 kg/cm<sup>2</sup>。石墨渣保护浇注, 模底垫马粪纸散加石墨粉;

浇注要求钢液平稳上升, 禁止注速过快和模内翻滚, 注速锭身: 7—11分, 帽口3—6分。

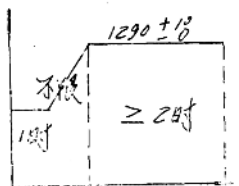
## 二、初轧

钢锭红送 (>500°C) 初轧, 经1000初轧机开坯为: 150×1050×5500—4400mm 板坯, 轧后成条堆冷。三种加热工艺见图1、图2、图3。初轧还发往鞍钢半连轧开坯。



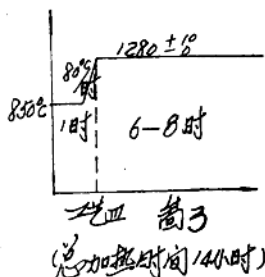
工艺I 图1  
(总加热时间4小时)

工艺I 图1  
(总加热时间4小时)



工艺II 图2  
(总加热时间6小时以上)

工艺II 图2  
(总加热时间6小时以上)



工艺Ⅱ 图3  
(总加热时间14小时)

注：采用工艺Ⅰ曲线初轧轧成率低，改用工艺Ⅱ曲线，工艺Ⅱ是含Cu钢加热曲线。

### 三、鞍钢半连轧开坯：

加热炉各段温度：上加热段：1300—1320°C，下加热段：1250—1280°C，炉尾温度：850°C，均热段：1280°C—1300°C；板坯总加热时间3—6小时，二辊开轧温度1150°C左右，连轧机开轧温度：950—1000°C，终轧温度：850—950°C，少数低于850°C。多数板卷喷水，卷取温度为700°C左右。少数板卷未喷水其卷取温度一般在750°C左右。板卷厚度：3—2.2mm。一般为2.5mm左右。

### 四、冷轧、热处理（七轧厂）

七轧准备机组开卷剪边，连续酸洗机组酸洗，硫酸酸液浓度200—250克/升、温度60—70°C。用1050罗恩式廿辊轧机或1400MKW八辊轧机冷轧，中间厚度：0.7—0.75mm，成品厚度：0.33—0.35mm。中间退火（第一次脱碳）温度、加热段：900—950°C，保温段：850°C，开1\*加湿器，气温+40—+50°C，机组速度10米/分，脱碳退火（第二次脱碳）加热段850°C，保温段：820°C，速度：10—15米/分。开1\*、2\*加湿器，气温+50°C—+60°C；罩式炉成品高温退火工艺曲线见图四。

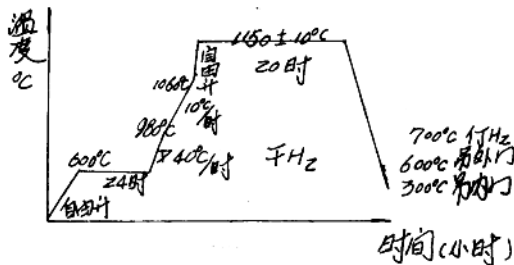
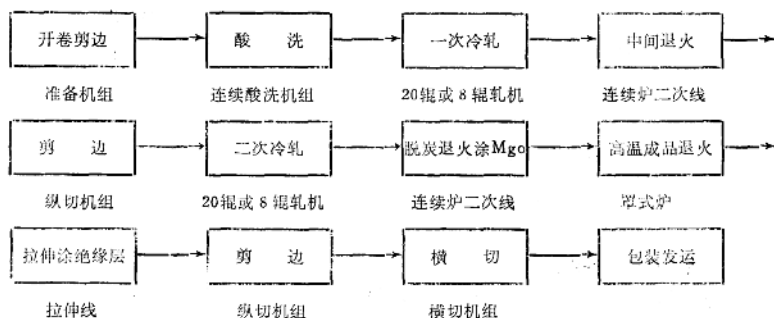


图 四

拉伸退火涂绝缘层：张力190—200kg、速度：15—20米/分，烧结温度700℃左右，试料经消除应力测磁性。

## 七 轧 工 艺 流 程 简 图



## (二) 分析讨论

### 一、冶炼：

本批85炉转炉冷轧矽钢试验是以MnS有利夹杂为主，AlN有利夹杂为辅的复和有利夹杂的试验。要求在钢质纯净（夹杂物总量小于0.010%）的基础上，添加有利元素，通过固溶析出，使MnS、AlN有利夹杂以一定的大小尺寸，以一定的形态弥散分布，抑制初次晶粒长大，促进二次晶粒的长大。可以提高磁性。根据本次试验认为：Mn含量：0.05—0.08%，S含量为0.015—0.025%是合适的，Mn/S为 5—2， $[Mn] \times [S]$  为 $10-18 \times 10^{-4}$ 时是合适的，（见图六、七）。另外有两炉当Mn控制在下限（0.05—0.065%，）S控制在上限（0.020—0.025%），Al（全铝） $>0.02\% < 0.04\%$ （有待进一步研究），辅以合适的热轧工艺，成品性能很好。（见表二）

表二

| 卡 号     | 炉 号    | Mn%    | S%    | Al%  | N%     | B25   | P10  | 牌 号  |
|---------|--------|--------|-------|------|--------|-------|------|------|
| D750213 | 550937 | 0.0560 | 0.023 | 0.06 | 0.0047 | 18930 | 0.47 | Z11  |
| D750212 | 550937 | 0.056  | 0.023 | 0.06 | 0.0047 | 18900 | 0.49 | Z11  |
| D750104 | 550779 | 0.060  | 0.022 | 0.04 | 0.0058 | 18500 | 0.53 | D340 |

表三

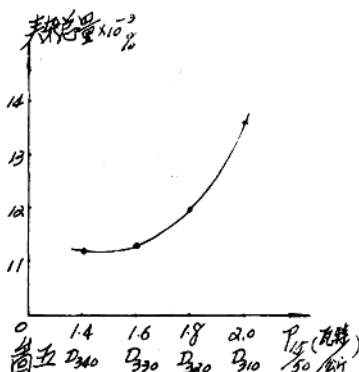
| 性能<br>平均值     | D 310  | D 320   | D 330  | D 340  |
|---------------|--------|---------|--------|--------|
| $\bar{M}_n\%$ | 0.0824 | 0.079   | 0.068  | 0.073  |
| $\bar{S}\%$   | 0.0194 | 0.01939 | 0.020  | 0.0208 |
| $\bar{Al}\%$  | 0.0157 | 0.0145  | 0.0133 | 0.0188 |

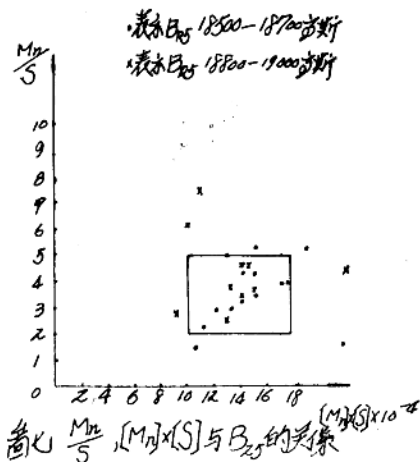
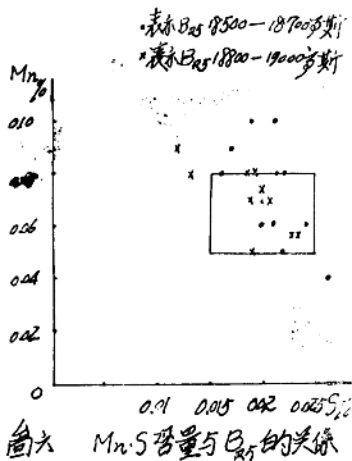
表四

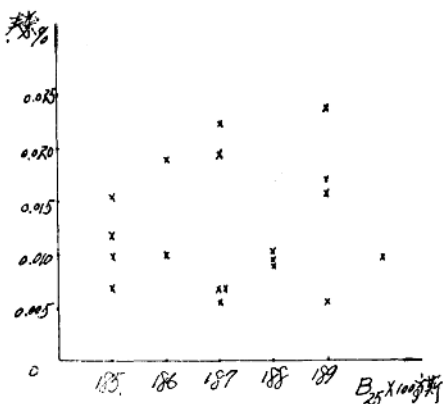
| 炉 数 | 浇注支数 | 合格支数 | 钢锭合格率 | 现 场 发 品 |     |     |     |
|-----|------|------|-------|---------|-----|-----|-----|
|     |      |      |       | 粘 模     | 短 尺 | 掉 队 | 合 计 |
| 85  | 575  | 498  | 86.6% | 39      | 23  | 15  | 77  |

表五

| P15   |         | 平均夹杂数值  |
|-------|---------|---------|
| D 310 | 2.0W/Kg | 0.0137% |
| D 320 | 1.8W/Kg | 0.0119% |
| D 330 | 1.6W/Kg | 0.0113% |
| D 340 | 1.4W/Kg | 0.0112% |







图八 非金属夹杂物总量与B<sub>2.5</sub>的关系

从表三统计平均值可看出一种趋势：随着Mn含量降低，S含量和Al含量的增高。试料性能提高越好。

从图五可见当钢中气体和非金属夹杂物总量越少即钢质越纯净，有利于降低铁损F15，提高磁性。

吹Ar处理可使钢液成分、温度均匀，有利于脱氧产物上浮，浇注顺利，是降低夹杂物的有效措施，同时还可改善初轧坯表面质量。不吹Ar时每炉钢的夹杂总量平均值为：0.0147%，吹Ar后每炉钢的夹杂总量平均值为：0.0092%。使夹杂降低了37%；没吹Ar时每炉钢的SiO<sub>2</sub>的夹杂分量平均值为：0.0078%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>夹杂分量平均值为：0.0050%；吹Ar后SiO<sub>2</sub>夹杂分量平均值为：0.0055%，约降低29.5%。吹Ar后Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>夹杂分量平均值为：0.0025%约降低了50%。钢包吹Ar可以明显减少非金属夹杂物，纯净钢质，有利于提高硅钢磁性能。

存在的问题：

1、铁水和废钢成分及炉料配比上波动很大，给操作带来很多困难，使钢质不易稳定。应该采用铁水预处理装置进行脱S、Mn、Si。

2、电子秤不准，常造成化学成分不合，甚至出现短尺。

3、转炉合金流槽是固定的，硅铁等不能在出钢过程  $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$  时间内加入，而是一次加入包底，合金料数量大，易造成成分、温度不均，甚至造成浇注困难。应该采用活动式合金流槽。

4、浇注系统清洁干燥，模底垫马粪纸散加石墨粉，对改善初轧坯表面质量，降低轧

后废品有一定的效果。今后应进一步试验并形成制度。

## 二、初轧开坯：

过初轧共83炉，498支锭轧成440支轧成率88.5%。（见表六）

表六

| 轧制支数 | 轧成支数 | 轧成率   | 轧裂<br>割裂<br>龟口 | 反皮 | 夹杂 | 吊弯 | 轧厚 | 废品计 |
|------|------|-------|----------------|----|----|----|----|-----|
| 498  | 440  | 88.5% | 48             | 4  | 2  | 2  | 2  | 58  |

表七

| 类 别    | 炉 数 | 轧制块数 | 合格块数 | Mn/S              | 轧成率   |
|--------|-----|------|------|-------------------|-------|
| 工艺 I   | 16  | 92   | 73   | 1.9~7.5<br>(3.5)  | 79.4% |
| 工艺 II  | 58  | 345  | 307  | 1.4~3.9<br>(3.94) | 89.3% |
| 工艺 III | 8   | 54   | 54   | 2.4~5<br>(3.8)    | 100%  |

注：括号内为平均值。

采用工艺 I 时，均热温度1280°C，均热时间很短为1—2时，轧成率很低为79.4%。轧废和Mn/S，均热时间有关。当Mn/S<3.5、均热时间<2小时易轧废。

采用工艺 II 时，比工艺 I 提高了均热温度，延长了均热时间，使初次 (FeMn)S 充分固溶，提高了轧成率：为89.3%。Mn/S对轧成率的影响已经不太明显。

采用工艺 III 时：轧成率100%，此为含Cu钢工艺。（见表七）（含Cu钢情况见含Cu钢小结。）

根据资料认为当Si低时（2.65—2.68）C为0.06—0.07%是在两相区轧制，由于 $\alpha$ 、 $\gamma$ 相的塑性不同而在，相界处常发生开裂。轧成率低（见表八）。

表八

| 炉数 | 轧制块数 | 合格块数 | 轧裂块数 | Mn/S             | 轧成率 | 工艺 | Si%       | C%        |
|----|------|------|------|------------------|-----|----|-----------|-----------|
| 5  | 33   | 16   | 17   | 2.0~5.0<br>(3.3) | 48% | I  | 2.65~2.68 | 0.06~0.07 |

轧后成条堆冷比井字形堆冷效果好些，有利于防止冷却过程中发生断裂。但不如缓冷坑缓冷能明显降低轧后断裂。如果提高均热温度，提高到 $1310 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保持在 $\alpha$ 相区热轧，可以明显提高轧成率。如：650679 (Si: 2.67%，Mn/S2.0)，651137 (Si: 2.63%，

Mn/S5.0) 采用1320~1340°C均热2小时全都轧成。

浇注不良引起的钢锭缺陷，在初轧坯上常表现为：模壁沸腾、浇注系统不清洁，注速不当，模壁不良等容易造成龟裂、裂口、反皮、夹杂、结疤等缺陷，影响初轧坯表面质量。

存在的问题：

1、初轧后板坯在半连轧料场，装炉过程中共断46支，占发给鞍钢半连轧429支的10%，板坯表面开裂，清理不良废20支占5%，弯曲废2支，丢失一支。板坯断裂的主要原因是轧后冷却过程中内、外温差不均，产生很大的热应力引起的（冷却应力）。特别是700°C到250°C缓冷很重要，可有效防止板坯断裂。如8炉含Cu钢缓冷就没有断裂。

2.板坯侧面圆弧大，剪切耳朵大，容易造成翻炉。板坯表面清理质量有些较差。

### 三、鞍钢半连轧热轧开坯：

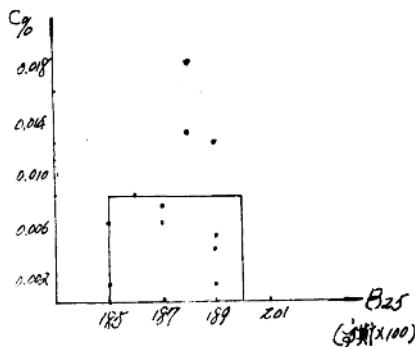
热轧工艺的合理与否是目前影响太钢冷轧硅钢性能提高的关键所在。三高一低的真正实现还有相当一段距离。半连轧板坯加热均热温度不高，均热时间短（炉尾温度850°C，均热温度1280—1300°C，总加热时间约3—5小时），限制了板坯中较大块MnS夹杂物的充分固溶中；轧后喷水不均，水压水量不足。（终轧温度850°C—950°C）（卷取温度为700°C左右），卷取后温度回升。MnS有利夹杂的弥散析出是在热轧过程中，轧后急冷是使已弥散析出的有利夹杂能原状态保存下来，而不集聚。但现工艺严重影响了有利夹杂的弥散析出。

### 四、冷轧、热处理：

第二次冷轧压下率是按55%，控制本批试验实际是在50—55%波动。一次脱碳前平均含碳量为：0.0434，一次脱碳后平均含碳量为：0.0327%，二次脱碳后平均含碳量为0.0099%。一次脱碳平均脱碳率为10%，二次脱碳平均脱碳率为70%。七轧脱碳炉由于氢气量小，去油不净等原因常造成脱碳不均，脱碳效果一般。二次脱碳后含碳量应<0.008%—0.005%才比较合适。本批试验 $D_{3.4}$ 以上的试料二次脱碳后平均含碳量为：0.008%。与一般认为， $D_{3.30}$ 、 $D_{3.4}$ 的试样含碳量（二次脱碳后）应小于0.008%相符。

（见图九）

罩式炉成品高温退火：七轧罩式炉内罩变形严重，能使用的很少。致使本批107套试料中约70%没扣内罩。另外有



图九 高温退火前含碳量与 $B_{25}$ 的关系

11套，在二次再结晶期间，发生了相间短路等停电事故，停电降温换外罩。以致影响了成品性能的提高。罩式炉来  $H_2$  露点高，波动也很大，平均露点为  $+10^{\circ}C$  左右。氢气发生站经常换塔时露点为： $-15^{\circ}C \sim -25^{\circ}C$ （一般要求来  $H_2$  露点为  $-40^{\circ}C$ ）。 $MgO$  涂层重量为  $10 \sim 26g/m^2$ ，平均值为： $19.6g/m^2$ 。 $MgO$  水化率为： $13.6 \sim 32\%$ ，平均值为： $20.8\%$ 。这样  $MgO$  涂层带到炉内的水分太多。 $600^{\circ}C$  保温需24小时，水分也没有全部排除。因此需要改进涂敷  $MgO$  装置。二次再结晶期间炉内露点很高，致使初次晶粒部分长大，也影响了硅钢成品磁性能的提高。

$600^{\circ}C$  保温24小时，测炉内露点平均值为  $+10^{\circ}C$ 。

$1000^{\circ}C$  时测炉内露点平均值为： $+16^{\circ}C$ 。

$1150^{\circ}C$  保温5小时，炉内露点平均值为  $+18^{\circ}C$ 。

有15套试料没扣内罩的试料，磁性能为  $D_{340}$ 。看来炼钢，热轧条件是否合适基本上决定了硅钢成品磁性能的优劣。二次再结晶能力特别强的炉号、不扣内罩，成品磁性也能照样很好。

### 五、加钢芯铝情况

加钢芯Al的有6炉12套试料， $D_{340}3$ 套占25%， $D_{320}2$ 套占17%， $D_{310}7$ 套占58%（见表九）。由于Al一般没有加进去，Al对提高矽钢磁性能的影响，还看不出什么效果。

表九

加钢芯Al的概况

| 卡片号     | 炉号     | Mn%  | S%    | Al%   | N%     | Mn/S | $\frac{[Mn]}{[S]} \times 10^{-4}$ | B25   | P10  | 牌号   | 有无内罩 | 备注          |
|---------|--------|------|-------|-------|--------|------|-----------------------------------|-------|------|------|------|-------------|
| D750138 | 550757 | 0.05 | 0.025 | 0.026 | 0.0035 | 2    | 13                                | 17500 | 0.61 | D310 |      |             |
| D750104 | 550779 | 0.05 | 0.022 | 0.04  | 0.0058 | 2.28 | 11                                | 18500 | 0.53 | D340 | 无    |             |
| D750104 | 550779 | 0.05 | 0.022 | 0.04  | 0.0058 | 2.28 | 11                                | 17400 | 0.59 | D310 | 无    |             |
| D750105 | 550779 | 0.05 | 0.022 | 0.04  | 0.0058 | 2.28 | 11                                | 17400 | 0.59 | D310 | 无    | 1000°C停电换外罩 |
| D750111 | 650949 | 0.07 | 0.020 | 0.020 | 0.0044 | 3.44 | 14                                | 18900 | 0.55 | D340 | 无    |             |
| D750109 | 650949 | 0.07 | 0.020 | 0.020 | 0.0044 | 3.44 | 14                                | 18700 | 0.73 | D320 | 无    | 试料厚0.40mm   |
| D750247 | 550697 | 0.05 | 0.025 | 0.03  | 0.0054 | 2.0  | 13                                | 17700 | 0.65 | D310 | 有    |             |
| D750231 | 550697 | 0.05 | 0.025 | 0.03  | 0.0054 | 2.0  | 13                                | 17800 | 0.64 | D310 | 有    | 高温退火，50°C/时 |
| D750232 | 550697 | 0.05 | 0.025 | 0.03  | 0.0054 | 2.0  | 13                                | 17900 | 0.55 | D310 | 有    | (600—1150)  |
| D750246 | 550697 | 0.05 | 0.025 | 0.03  | 0.0054 | 2.0  | 13                                | 18000 | 0.69 | D320 | 有    |             |
| D750569 | 550704 | 0.07 | 0.018 | 0.02  | 0.0042 | 3.9  | 12.6                              | 17900 | 0.52 | D310 | 无    |             |
| D750252 | 550714 | 0.06 | 0.036 | 0.02  | 0.0035 | 1.7  | 21.6                              | 19000 | 0.57 | D340 | 无    |             |

### (三) 结 论

1、本批85炉转炉冷轧矽钢，要求在钢质纯净的基础上添加MnS，有利夹杂)。Mn含量0.05—0.08%，S含量0.015—0.025%是合适的， $Mn/S \sim 2$ ， $[Mn] \times [S] \times 10^{-4}$ 为10~18是合适的。

2、初轧后板坯断裂，清理不良66支占发给鞍钢半连轧429支的15%。板坯断裂的主要原因是冷却应力造成的，700°C—250°C缓冷处理可大量减少板坯断裂。板坯侧面元弧大，剪切耳子大，易造成翻炉。

3、热轧工艺是目前影响太钢冷轧矽钢性能提高的关键所在。半连轧均热温度低，时间短，限制了板坯中MnS夹杂的充分固溶，连轧过程冷却速度小，轧后喷水冷却不够（卷取温度700°C）限制了MnS有利夹杂的弥散析出。

4、后部工序也很重要，第二次冷轧合适的压下率是55%，脱碳退火后试料含C量应 $<0.008\%$ ，成品高温退火应扣内罩处理（应抓紧上内罩整形装置），来 $H_2$ 露点应为 $-40^\circ\text{C}$ 。

5、本批Al大都没有加进去，对磁性的影响暂看不出来，因此加钢芯Al的试验应继续搞下去。

## 1975年4月—6月转炉冶炼冷轧取向硅钢 共85炉（其中54炉部分磁性）

| 总 检 | 合 格 | $Z_{11}$ (日本) | D340 | D330 | D320 | D310 |
|-----|-----|---------------|------|------|------|------|
| 142 | 139 | 2             | 22   | 6    | 53   | 56   |
| %   | 98  | 1.4           | 15.5 | 4.2  | 37.4 | 39.5 |

1976年5月25日

表 1

| 炉号     | 卡号   | 化 学 成 份 % |      |       |       |        |        | $\frac{Mn}{S} \times 10^4$ | $\frac{(Mn)}{(S)}$ | 终<br>点<br>T <sup>°</sup> C | 冶炼特点    | 氧 化          |                                |                                |
|--------|------|-----------|------|-------|-------|--------|--------|----------------------------|--------------------|----------------------------|---------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
|        |      | C         | Si   | Mn    | P     | S      | Al     |                            |                    |                            |         | $\Sigma MeO$ | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 650551 | △412 | 0.062     | 0.96 | 0.075 | 0.014 | 0.023  | 0.012  | 3.2                        | 17.2               | 1680                       |         |              |                                |                                |
| 650599 | △010 | 0.063     | 0.02 | 0.05  | 0.012 | 0.020  | 0.01   | 2.5                        | 10.0               | 1640                       | 吹Ar良好   | 0.0053       | 0.0027                         | 0.0014                         |
|        | 133  |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
|        | 133  |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
|        | △134 |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
| 550525 | △401 | 0.053     | 0.04 | 0.08  | 0.015 | 0.012  | —      | 6.6                        | 9.6                | 1640                       | 吹Ar良好倒包 | 0.0170       | 0.0014                         | 0.0016                         |
|        | △405 |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
| 550539 | △366 | 0.052     | 0.97 | 0.09  | 0.017 | 0.012  | 0.011  | 7.5                        | 10.8               | 1620                       |         | 0.0134       | 0.0058                         | 0.0064                         |
|        | △367 |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
|        | △368 |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
| 550554 | 157  | 0.063     | 0.09 | 0.05  | 0.012 | 0.018  | 0.02   | 2.8                        | 9.0                | 1660                       | 吹Ar良好   | 0.0093       | 0.0081                         | 0.0011                         |
| 550567 | △463 | 0.063     | 0.05 | 0.054 | 0.011 | 0.022  | 0.02   | 2.5                        | 12.0               | 1650                       |         | 0.0068       | 0.0026                         | 0.0032                         |
| 650700 | 172  | 0.043     | 0.27 | 0.077 | 0.009 | 0.020  | 0.012  | 3.6                        | 15.4               | 1640                       |         | 0.0212       | 0.0123                         | 0.0076                         |
| 650757 | 126  | 0.063     | 0.13 | 0.05  | 0.011 | 0.022  | 0.02   | 2.3                        | 11.0               | 1630                       |         | 0.0108       | 0.0058                         | 0.0026                         |
| 550757 | 138  | 0.062     | 0.65 | 0.05  | 0.007 | 0.025  | 0.026  | 2.0                        | 13.0               | 1630                       | 吹Ar未开   | 0.0083       | 0.0019                         | 0.0040                         |
| 650762 | 153  | 0.062     | 0.97 | 0.06  | 0.017 | 0.022  | 0.02   | 2.7                        | 13.2               | 1640                       |         | 0.0180       | 0.0069                         | 0.0087                         |
| 650784 | △501 | 0.052     | 0.86 | 0.10  | 0.014 | 0.018  | 0.012  | 5.6                        | 18.0               | 1675                       | 吹Ar良好   | 0.0075       | 0.0047                         | 0.0015                         |
|        | △502 |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
|        | △503 |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
| 650803 | 155  | 0.053     | 0.06 | 0.073 | 0.011 | 0.020  | 0.012  | 3.7                        | 14.6               | 1640                       | 吹Ar良好   | 0.0097       | 0.0057                         | 0.0030                         |
|        | 156  |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
|        | 156  |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
|        | 197  |           |      |       |       |        |        |                            |                    |                            |         |              |                                |                                |
| 550661 | △208 | 0.062     | 0.92 | 0.05  | 0.012 | 0.0023 | 0.0011 | 2.2                        | 9.6                | 1650                       |         | 0.0131       | 0.0064                         | 0.0042                         |

| 物 夹 杂 % |        |                  |                | 一次<br>脱炭<br>前C% | 一次<br>脱炭<br>后C% | 二次<br>脱炭<br>后C% | 有<br>无<br>内<br>罩 | 磁 感  |      |      |      | 铁 损  |      |      | 厚<br>度<br>mm | 牌<br>号 |
|---------|--------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|--------|
| MnO     | FeO    | TiO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> |                 |                 |                 |                  | B10  | B25  | B50  | B100 | P10  | P15  | P17  |              |        |
| 0.0005  | 0.0003 | 0.0001           | 0.0054         |                 |                 | 0.012           |                  | 16.5 | 17.6 | 18.5 | 19.6 | 0.55 | 1.39 | 2.08 | 0.36         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.2 | 17.5 | 18.3 | 19.4 | 0.55 | 1.38 | 2.14 | 0.36         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 17.2 | 18.3 | 19.2 | 19.9 | 0.64 | 1.46 | 2.08 | 0.33         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.6 | 17.8 | 18.9 | 19.8 | 0.55 | 1.32 | 1.93 | 0.36         | D310   |
| 0.0007  | 0.0005 | 0.0004           | 0.0044         |                 |                 |                 |                  | 17.5 | 18.6 | 19.3 | 20.1 | 0.67 | 1.58 | 2.24 | 0.44         | D330   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.5 | 17.7 | 18.7 | 19.6 | 0.57 | 1.45 | 2.06 | 0.35         | D310   |
| 0.0005  | 0.0002 | 0.0001           | 0.0001         |                 |                 |                 |                  | 17.4 | 18.4 | 19.4 | 19.9 | 0.65 | 1.48 | 2.14 | 0.31         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.0 | 17.1 | 18.1 | 19.2 | 0.57 | 1.46 | 2.20 | 0.35         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.1 | 17.1 | 18.3 | 19.4 | 0.65 | 1.66 | 2.34 | 0.33         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.0 | 17.1 | 18.2 | 19.2 | 0.68 | 1.71 | 2.48 | 0.38         | D320   |
| 0.0003  | 0.0001 | 0.0001           | 0.0042         |                 |                 | 0.013           |                  | 17.7 | 18.8 | 19.6 | 20.3 | 0.55 | 1.24 | 1.82 | 0.31         | D340   |
| 0.0003  | 0.0001 | 0.0001           |                |                 |                 |                 |                  | 16.5 | 17.6 | 18.5 | 19.4 | 0.54 | 1.31 | 1.96 | 0.31         | D310   |
| 0.0007  | 0.0004 |                  | 0.0049         |                 |                 |                 |                  | 17.0 | 18.2 | 19.0 | 20.0 | 0.63 | 1.45 | 2.11 |              | D320   |
| 0.0004  | 0.0004 |                  | 0.0035         |                 |                 | 0.012           |                  | 17.0 | 18   | 19.0 | 19.9 | 0.54 | 1.28 | 1.90 | 0.35         | D320   |
| 0.0008  | 0.0006 | 0.0006           | 0.0035         | 0.047           | 0.027           |                 |                  | 16.4 | 17.5 | 18.6 | 19.6 | 0.61 | 1.51 | 2.23 | 0.35         | D310   |
| 0.0009  | 0.0005 |                  | 0.0035         |                 |                 | 0.015           |                  | 17.2 | 18.3 | 19.1 | 19.6 | 0.53 | 1.30 | 1.92 | 0.35         | D320   |
| 0.0004  | 0.0003 |                  | 0.0028         |                 |                 |                 |                  | 17.2 | 18.4 | 19.2 | 20.0 | 0.56 | 1.36 | 2.06 | 0.37         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.9 | 18.0 | 18.8 | 19.7 | 0.56 | 1.35 | 2.03 | 0.39         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.7 | 18.0 | 19.0 | 20.0 | 0.58 | 1.42 | 2.05 | 0.37         | D320   |
| 0.0006  | 0.0002 | 0.0001           | 0.0057         |                 |                 | 0.0051          | 无                | 17.8 | 18.8 | 19.6 | 20.2 | 0.56 | 1.27 | 1.85 | 0.39         | D340   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.058           | 有                | 17.1 | 18.2 | 19.1 | 19.7 | 0.61 | 1.46 | 2.12 | 0.39         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.058           | 有                | 16.8 | 18.0 | 18.9 | 19.8 | 0.64 | 1.37 | 2.12 | 0.36         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.0015          |                  | 17.4 | 18.5 | 19.4 | 20.0 | 0.57 | 1.39 | 2.01 | 0.44         | D340   |
| 0.0001  | 0.0002 | 0.0005           | 0.0037         |                 |                 | 0.010           |                  | 17.3 | 18.4 | 19.2 | 19.9 | 0.65 | 1.59 | 2.26 | 0.37         | D320   |

续表

| 炉号     | 卡号   | 化 学 成 份 % |      |      |       |       |      | $\frac{Mn}{S}$ | $\frac{(Mn)}{(S)} \times 10^{-4}$ | 终点<br>T°C | 冶炼特点       | 氧 化          |           |           |
|--------|------|-----------|------|------|-------|-------|------|----------------|-----------------------------------|-----------|------------|--------------|-----------|-----------|
|        |      | C         | Si   | Mn   | P     | S     | Al   |                |                                   |           |            | $\Sigma MeO$ | $Al_2O_3$ | $Al_2O_3$ |
| 550651 | 158  | 0.05      | 2.98 | 0.07 | 0.012 | 0.020 | —    | 3.5            | 14.0                              | 1640      | 吹Ar未开      | 0.0149       | 0.0094    | 0.0048    |
|        | 226  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 227  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 229  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 229  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 230  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
| 550675 | 101  | 0.06      | 2.99 | 0.07 | 0.011 | 0.020 | 0.01 | 3.5            | 14.0                              | 1630      |            | 0.0121       | 0.0080    | 0.0033    |
|        | 102  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
| 550682 | 201  | 0.06      | 3.08 | 0.08 | 0.010 | 0.013 | 0.01 | 6.2            | 10.4                              | 1640      | 吹Ar良好      | 0.0109       | 0.0072    | 0.0020    |
|        | 203  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 204  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | △205 |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 258  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 258  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
| 550697 | 231  | 0.06      | 2.67 | 0.05 | 0.009 | 0.025 | 0.03 | 2.0            | 13.0                              | 1650      | 吹Ar良芯<br>铝 | 0.0050       | 0.0017    | 0.0026    |
|        | 232  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 246  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 247  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
| 550704 | △569 | 0.06      | 3.00 | 0.07 | 0.011 | 0.018 | 0.02 | 3.9            | 12.6                              | 1655      | 吹Ar良芯<br>铝 | 0.0145       | 0.0084    | 0.0031    |
| 550714 | △252 | 0.05      | 3.20 | 0.06 | 0.012 | 0.036 | 0.02 | 1.7            | 21.6                              | 1625      | 芯铝         | 0.0099       | 0.0030    | 0.0051    |
| 550720 | 149  | 0.05      | 2.90 | 0.07 | 0.013 | 0.018 | 0.01 | 3.9            | 12.6                              | 1650      |            | 0.0178       | 0.0081    | 0.0078    |
|        | 149  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
|        | 169  |           |      |      |       |       |      |                |                                   |           |            |              |           |           |
| 550731 | △106 | 0.06      | 2.89 | 0.06 | 0.010 | 0.020 | 0.01 | 3.0            | 12.0                              | 1625      |            | 0.0199       | 0.0129    | 0.0047    |

| 物 夹 杂 % |        |                  |                | 一次<br>脱炭<br>前C% | 一次<br>脱炭<br>后C% | 二次<br>脱炭<br>后C% | 有<br>无<br>内<br>罩 | 磁 感  |      |      |      | 铁 损  |      |      | 厚<br>度<br>mm | 牌<br>号 |
|---------|--------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|--------|
| MnO     | FeO    | TiO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> |                 |                 |                 |                  | B10  | B25  | B50  | B100 | P10  | P15  | P17  |              |        |
| 0.0001  | 0.0001 | 0.0001           | 0.0028         | 0.049           | 0.038           |                 |                  | 16.2 | 17.2 | 18.2 | 19.2 | 0.58 | 1.48 | 2.22 | 0.34         | D310   |
|         |        |                  |                | 0.049           | 0.039           |                 |                  | 17.4 | 18.4 | 19.4 | 20.0 | 0.55 | 1.34 | 1.79 | 0.39         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.019           |                  | 17.2 | 18.4 | 19.1 | 20.0 | 0.75 | 1.62 | 2.24 |              | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 | 有                | 17.1 | 18.2 | 19.1 | 20.0 | 0.57 | 1.44 | 2.08 | 0.38         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 | 有                | 17.3 | 18.4 | 19.3 | 20.0 | 0.61 | 1.36 | 2.00 | 0.35         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.004           | 有                | 17.4 | 18.4 | 19.3 | 20.0 | 0.57 | 1.39 | 2.00 | 0.38         | D320   |
| 0.0007  | 0.0003 | 0.0006           | 0.0044         |                 |                 |                 | 有                | 17.5 | 18.6 | 19.5 | 20.2 | 0.57 | 1.34 | 1.92 | 0.34         | D340   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.013           | 有                | 17.0 | 18.2 | 19.1 | 19.8 | 0.58 | 1.34 | 2.00 | 0.35         | D320   |
| 0.0011  | 0.0003 |                  | 0.0042         | 0.058           | 0.043           | 0.023           |                  | 16.7 | 18.2 | 19.2 | 20.0 | 0.69 | 1.57 | 2.16 | 0.34         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.019           |                  | 17.3 | 18.4 | 19.1 | 19.9 | 0.57 | 1.37 | 2.02 | 0.37         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 17.1 | 18.3 | 19.2 | 19.8 | 0.55 | 1.34 | 1.94 | 0.34         | D320   |
|         |        |                  |                | 0.053           | 0.046           | 0.022           |                  | 16.4 | 17.6 | 18.6 | 19.6 | 0.78 | 1.77 | 2.52 | 0.35         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 |                  | 16.3 | 17.6 | 18.7 | 19.6 | 0.73 | 1.69 | 2.37 | 0.34         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.018           |                  | 17.8 | 18.8 | 19.5 | 2.01 | 0.55 | 1.21 | 1.76 | 0.36         | D340   |
| 0.0001  | 0.0001 | 0.0001           | 0.0054         | 0.04            | 0.028           | 0.0069          | 有                | 16.7 | 17.8 | 18.8 | 19.7 | 0.64 | 1.55 | 2.25 | 0.37         | D310   |
|         |        |                  |                | 0.046           | 0.044           | 0.0035          | 有                | 16.9 | 17.9 | 19.1 | 19.9 | 0.55 | 1.31 | 1.96 | 0.35         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.019           | 有                | 16.9 | 18.0 | 18.9 | 19.7 | 0.69 | 1.69 | 2.48 | 0.39         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 | 有                | 16.5 | 17.7 | 18.8 | 19.7 | 0.65 | 1.56 | 2.26 | 0.35         | D310   |
| 0.0009  | 0.0004 | 0.0005           | 0.0042         |                 |                 |                 |                  | 16.7 | 17.9 | 18.7 | 19.6 | 0.52 | 1.25 | 1.93 | 0.34         | D310   |
| 0.0004  | 0.0003 | 0.0003           | 0.0035         |                 |                 |                 |                  | 18.0 | 19.0 | 19.6 | 20.2 | 0.57 | 1.35 | 1.90 | 0.37         | D340   |
| 0.0007  | 0.0003 | 0.0004           | 0.0044         |                 |                 | 0.006           | 有                | 16.7 | 17.6 | 18.7 | 19.7 | 0.61 | 1.45 | 2.13 | 0.35         | D310   |
|         |        |                  |                |                 |                 | 0.006           | 有                | 17.3 | 18.3 | 19.1 | 19.8 | 0.57 | 1.44 | 2.21 | 0.33         | D320   |
|         |        |                  |                |                 |                 |                 | 有                | 17.8 | 18.9 | 19.5 | 20.3 | 0.57 | 1.33 | 1.90 |              | D340   |
| 0.0009  | 0.0009 | 0.0005           | 0.0051         |                 |                 |                 |                  | 17.6 | 18.7 | 19.6 | 20.1 | 0.52 | 1.29 | 1.81 | 0.36         | D340   |