

II. 実験試料及び実験方法

実験試料はいずれも 100 kg 高周波電気炉で熔製した $C \doteq 0.10\%$, $Si \doteq 0.15\%$, $Mn \doteq 0.40\%$, $P, S < 0.03\%$ の低Cキルド鋼で Cu, Sn 又は As は取鍋中で添加して Cu は 0.10% (A 鋼), 0.20% (B 鋼), 0.21% (C 鋼), 0.30% (G 鋼) に一定し Sn を 0.03% 以下, 0.1%, 0.2% に変化した鋼と Cu を 0.28% (E 鋼) に一定し As を 0.1, 0.3, 0.6% に変化した鋼である。これらを鍛造後抗張試験片は 12mm ϕ , 標点距離 43mm に仕上げ, シャルピー試験片は 10mm ϕ \times 55mm で V ノッチを刻み夫々所定の熱処理をして抗張試験は室温, 衝撃試験は +80°C より -70°C までの試験を行った。

試料の熱処理は (イ) 鍛造のまま, (ロ) 950°C/1h 焼鈍, (ハ) 900°C/1h 焼鈍及び焼準, (ニ) 900°C/1h 油焼入 620°C/1h 焼戻後炉冷及び水冷, (ホ) 950°C/1h 油焼入 500°C/4hr 焼戻を行い試験後顕微鏡組織の観察を行った。

III. 実験結果

(A) Sn の影響

いずれの熱処理を施した場合にも A B C 鋼とも Sn% の増加と共に抗張力は増加し伸, 絞は減少する。900°C/1h 焼準したものは 0.01% Sn 当り抗張力は 0.35 kg/mm² 増加し伸は 0.27% 減少する。抗張力の増加率でこれを示すと 0.01% Sn 当り 0.8% 増加する。

室温 (+30°C), で行つたシャルピー衝撃試験では 900°C に 1h 加熱し焼鈍したものは焼準したものと比較し衝撃値は低く, この傾向は 0.1% Sn 以上で強くなる。焼入焼戻したものの衝撃値は 0.2% Sn より減少し炉冷水冷の差はない。

シャルピー衝撃値が 50% 低下する温度 (Ts), 及び 50% 脆性破面となる温度 (Tf), を遷移温度とすれば, B 鋼を 950°C に 1h 加熱して焼鈍した場合, Ts に及ぼす Sn の影響は明白でないが Tf は Sn% の増加と共にやや低下する。900°C に 1h 加熱し焼準した場合 Ts, Tf は -60°C 附近まで低下するが Sn の影響は明白でなく, 又 950°C/1h 油焼入 500°C/4h 焼戻した場合の Ts, Tf はいずれの Sn% のものも -60°C 以下となる。このように熱処理による遷移温度の変化は素地フェライト組織の微細度とセメンタイトの分散様式の変化に基づくものでこの程度の Sn 含有による組織の変化は殆んどないように思われる。尙 Sn% の増加と共に常温附近の衝撃値が低下するのは含 Sn フェライトの破

断抵抗の低下によるものであろう。

(B) As の影響

抗張力はいずれの熱処理の場合にも As% の増加と共に直線的に増加し伸, 絞は減少し殊に 0.3% As 以上では絞の減少が著しい。抗張力は 0.01% As 当り 0.09kg/mm² 増加し伸は約 0.11% 減少する。抗張力の増加率で示すと 0.01% 当り 0.23% である。

遷移温度 Tf は As% の増加と共に著しく高くなり 950°C/1h 焼鈍したものは 0.1% As が +5°C 附近であるに対し 0.3% As では > +40°C であり又 900°C/1h 焼準した場合には 0.1% As の -45°C に対し 0.3% As は -30°C, 0.6% As は +55°C 附近である。900°C/1h 油焼入 500°C/4h 焼戻した場合には 0.1, 0.3% As とともに -60°C 以下になる。As による組織の変化はミクロ偏析が著しくなることを除けば殆んど見られるぬことからこれは As が粒間破断抵抗を減少せしめるためと思われる。

尙破断面の顕微鏡組織はいずれの鋼も Tf 温度以下ではフェライト結晶粒界又は劈開面に沿つて破断が進行し As 鋼では双晶がみられる。Sn による顕微鏡組織の変化は殆んどない。

IV. 結 論

1. 抗張力は焼鈍状態で Sn 又は As 0.01% の増加当り夫々約 0.35kg/mm² 又は 0.09kg/mm² 増加し, 伸は夫々約 0.27% 又は 0.11% 減少する。
2. シャルピー衝撃値は Sn 及び As 含有量の増加と共に減少する。
3. 遷移温度に及ぼす Sn の影響は明白でないが, As は著しく遷移温度を高める。これは As がフェライトの粒間破断抵抗を低下させるためと思われる。

(52) 自動車リム用圧延鋼材のすじ割疵について

(Study of Seamy Defects in Rolled Rim Bars for Automobiles)

Kosuke Mogi.

東京製鋼 K.K. 技術部 茂木 洗助

I. 緒 言

分塊を経由しない小型鋼塊の宿命的欠陥と迄いわれているものの一つに圧延鋼材に発生する“すじ疵”の弊害がある。勿論この弊害が小型鋼塊を使用した鋼材のすべてに現われるとは思われない。ロール孔型の設計,

Metalflow, Reduction 効果等がその誘発程度を変へることも考えられる。又需要者の品質要求の如何によつてもこのすじ疵の弊害に対する生産者の価値判断の相違が生れて来るであろう。

当社の自動車リム用圧延鋼材は、酸洗、Expander等の加工工程に依つてすじ疵は顕著に露呈し極く微小なものと極めて容易に検出されるのみでなく、斯様な車輪が直接人命に関係する社会通念からも素材のかかる欠陥は許容されるものでなく高度な品質が要求されている。

この結果としてリム材が他の圧延鋼材に較べて歩留の低下を来していた。然もこの歩留低下の原因が殆んどすじ疵に依るもので品質の改善、歩留の向上は急務な問題となつていた。そこで之れが対策の一環として、昭和29年10月一連の実験に着手、すじ疵発生原因の探究、鋼塊表面気泡発生要因の把握等防止対策に関し製鋼から圧延工程に亘り統計的手法、特に実験計画法に従い多角的な実験調査を行つたわけである。

幸い情報収集の適正を得て所期の目的の大半を達し、現在この品質要因に対する日常の管理を行つている段階に到つたので、実験を主体として之が報告を行うものである。

II. 実験計画

1) 基礎情報の収集

実験計画を立てるに先立ち、実験要因選択の為、すじ疵に関する情報の収集を行つた。

- a. 製鋼及圧延現場、検査、製品納入先等からすじ疵発生に関する情報を極力収集した。
- b. 予備実験としてリム用鋼塊に直径 2, 4, 6 mm, 深さ 2, 4, 6 mm のドリル穿孔を鋼塊四面、上中下の各位置に夫々組合せ計 108 ケ、6 本の鋼塊について穿孔、R I プリムに圧延、粗ロール、中ロール、

仕上ロールから 2 本宛サンプルを採り各孔型に於ける疵の状態を観察、人工気泡による疵が製品のすじ疵と全く同系統であることを確認その延伸比、成長並びに分布状況を調査し基礎情報とした。

2) 実験要因の選択

実験室と異り生産現場に在つては実験条件の指定を簡単に行えない場合が多い、この実験に於いてもこれを経験したが主要因は極力取入れ条件指定を行うよう努めた。

予備情報に基く要因としては charge 間の脱酸条件、定盤間、鋼塊間の造塊条件、鑄型内面状況の良否、圧延に於ける加熱条件、Reduction 効果等であつたが結局次の 4 因子を取り上げ他は附帯的な解析に依つて究明することとした。

- i. charge 間, C_1, C_2, C_3 , (脱酸条件を C_1, C_2, C_3 で指定)
- ii. 定盤間, P_2, P_5 , (第 2, 第 5 定盤を指定)
- iii. 鋼塊間, D_1, D_2, D_3 , (注入管よりの距離によつて指定)
- iv. 加熱条件, $B_1 \dots B_6$, {(加熱温度 \times 在炉時間) を Block で指定}

a) 表面気泡についての分散分析表

鋼塊表面気泡についての分散分析は Charge (C_1, C_2, C_3), 定盤 (P_2, P_5) 定盤内鋼塊間 (D_1, D_2, D_3) を因子とする $3 \times 2 \times 3$ の水準の 3 元配置で 6 回の繰返しとした。

即、3 因子母数模型で τ を繰返とすると klm 水準となり Table II-a. の如き分散分析表となる。

b) 製品すじ疵に対する分散分析表

すじ疵に対する分散分析は $C \times P \times D$ に加熱要因の B が加わり 4 因子母数模型, $klmn$ 水準で分散分析表は Table II-b. となる。

Table II-a. Factorial design table for skin-holes.

Factor	S, S	d. f	V	Fo	Expectation of variance	Null hypothesis
C	S_C	$k-1$	V_C	V_C/V_E	$\sigma_E^2 + lm\gamma\sigma^2$	$lm\gamma\sigma^2 = 0$
P	S_P	$l-1$	V_P	V_P/V_E	$\sigma_E^2 + km\sigma_P^2$	$km\gamma\sigma^2_P = 0$
D	S_D	$m-1$	V_D	V_D/V_E	$\sigma_E^2 + kl\gamma\sigma_D^2$	$kl\gamma\sigma^2_D = 0$
$C \times P$	$S_{CP} - S_P - S_C$	$(k-1)(l-1)$	$V_{C \times P}$	$V_{C \times P}/V_E$	$\sigma_E^2 + m\gamma\sigma^2_{C \times P}$	$m\gamma\sigma^2_{C \times P} = 0$
$P \times D$	$S_{PD} - S_P - S_D$	$(l-1)(m-1)$	$V_{P \times D}$	$V_{P \times D}/V_E$	$\sigma_E^2 + k\gamma\sigma^2_{P \times D}$	$k\gamma\sigma^2_{P \times D} = 0$
$C \times D$	$S_{CD} - S_C - S_D$	$(k-1)(m-1)$	$V_{C \times D}$	$V_{C \times D}/V_E$	$\sigma_E^2 + l\gamma\sigma^2_{C \times D}$	$l\gamma\sigma^2_{C \times D} = 0$
$C \times P \times D$	$S_{CPD} - S_C - S_P - S_D$	$(k-1)(l-1)(m-1)$	$V_{C \times P \times D}$	$V_{C \times P \times D}/V_E$	$\sigma_E^2 + \gamma\sigma^2_{C \times P \times D}$	$\gamma\sigma^2_{C \times P \times D} = 0$
E	$S_0 - S_{CPD}$	$klm(\gamma-1)$	V_E			

Table II-b. Factorial design table for seamy defects of the products.

Factor	S, S	d, f	V	Fo	Expectation of variance	Null hypothesis
C	S_C	$k-1$	V_C	V_C/V_E	$\sigma^2_E + lmn\sigma^2_C$	$lmn\sigma_C^2 = 0$
P	S_P	$l-1$	V_P	V_P/V_E	$\sigma^2_E + kmn\sigma^2_P$	$kmn\sigma_P^2 = 0$
D	S_D	$m-1$	V_D	V_D/V_E	$\sigma^2_E + kln\sigma^2_D$	$kln\sigma_D^2 = 0$
B	S_B	$n-1$	V_B	V_B/V_E	$\sigma^2_E + klm\sigma^2_B$	$klm\sigma_B^2 = 0$
C×P	$S_{CP} - S_C - S_P$	$(k-1)(l-1)$	$V_{C \times P}$	$V_{C \times P}/V_E$	$\sigma^2_E + mn\sigma^2_{C \times P}$	$mn\sigma^2_{C \times P} = 0$
P×D	$S_{PD} - S_P - S_D$	$(l-1)(m-1)$	$V_{P \times D}$	$V_{P \times D}/V_E$	$\sigma^2_E + nk\sigma^2_{P \times D}$	$nk\sigma^2_{P \times D} = 0$
D×B	$S_{DB} - S_D - S_B$	$(m-1)(n-1)$	$V_{D \times B}$	$V_{D \times B}/V_E$	$\sigma^2_E + kl\sigma^2_{D \times B}$	$kl\sigma^2_{D \times B} = 0$
C×B	$S_{CB} - S_C - S_B$	$(k-1)(n-1)$	$V_{C \times B}$	$V_{C \times B}/V_E$	$\sigma^2_E + lm\sigma^2_{C \times B}$	$lm\sigma^2_{C \times B} = 0$
C×P×D	$S_{CPD} - S_C - S_P - S_D$	$(k-1)(l-1)(m-1)$	$V_{C \times P \times D}$	$V_{C \times P \times D}/V_E$	$\sigma^2_E + n\sigma^2_{C \times P \times D}$	$n\sigma^2_{C \times P \times D} = 0$
P×D×B	$S_{PDB} - S_P - S_D - S_B$	$(l-1)(m-1)(n-1)$	$V_{P \times D \times B}$	$V_{P \times D \times B}/V_E$	$\sigma^2_E + k\sigma^2_{P \times D \times B}$	$k\sigma^2_{P \times D \times B} = 0$
D×B×C	$S_{DBC} - S_D - S_B - S_C$	$(m-1)(n-1)(k-1)$	$V_{D \times B \times C}$	$V_{D \times B \times C}/V_E$	$\sigma^2_E + l\sigma^2_{D \times B \times C}$	$l\sigma^2_{D \times B \times C} = 0$
B×C×P	$S_{BCP} - S_B - S_C - S_P$	$(n-1)(k-1)(l-1)$	$V_{B \times C \times P}$	$V_{B \times C \times P}/V_E$	$\sigma^2_E + m\sigma^2_{B \times C \times P}$	$m\sigma^2_{B \times C \times P} = 0$
E	$S_0 - S_{CPDB}$	$klmn$	V_E			

註, 以上 $3 \times 2 \times 3 \times 6 = 108$ 回の実験はすべて順序を randomize した.

III. 実験条件

1) 製鋼関係

熔解は当所 50t 塩基性平炉により, Si, Mn に依る脱酸の程度を C_1, C_2, C_3 によつて変えた. 又造塊は 250 kg 型 36 本立×6 定盤中技術的に第二, 第五定盤を選び, 注入管からの距離により定盤内の sample とした.

2) 鋼塊表面気泡調査方法

抽出鋼塊は気泡測定 of 偏りをさける為, その No. を randomize したものに換え, 鋼塊の lcorner を巾 25~30mm, 深さ 3~5mm で全長に亘り scarfing し, (a) scarf 跡全面数, (b) 塊鋼表面より 3mm 深さ範囲の数, を 2mm 以上及以下, Bot, Mid, Top, 位置に対して調べた.

3) 加熱関係

在炉時間を <800, <1250, >1250, °C で対応させ, 炉中で鋼塊の停止操作を行い, 加熱条件を層別した.

4) 製品のすじ疵調査方法

圧延後, 同様測定 of 偏りを避ける為 random に No. を附し鋼塊の Top, Mid, Bot 位置のすじ疵を <20, <40, >60mm に分類し, 製品両面に亘りその数を調べ, 気泡の発生位置, 大きさと対比出来る様にした.

IV. 解析結果

実験計画に基く分散分析及相関分析の結果は Table IV-a, b, Fig. IV-a の如くである, この際, データは

log 変換を行い正規性の検定後解析したものである.

Table IV-a. Analysis of variance table for skin holes.

Factor	S, S	ϕ	V	Fo	F α
C	186, 610	2	293, 305	179.0**	F _{2, 80} (0.01) = 4.88
P	820	2	410	—	
D	9, 160	1	9, 160	17.58**	F _{1, 80} (0.01) = 6.96
C×D	4, 400	4	1, 100	2.11	F _{4, 100} (0.05) = 2.46
P×D	1, 840	2	920	1.77	
D×P	2, 130	2	1, 065	2.04	
C×P×D	1, 958	4	4895	—	
E	46, 920	90	5213		
Total	253, 838	107			

Table IV-b. Analysis of variance table for seamy defects of the products.

Factor	S, S	ϕ	V	Fo	F α
C	65, 094	2	32, 547	89.2**	F(0.01) = 6.23
B	49, 199	4	12, 300	38.7**	F(0.01) = 4.77
D	2, 068	2	1, 034	2.83	F(0.05) = 3.63
P	5, 290	1	5, 290	14.5**	F(0.01) = 8.53
C×B	14, 100	8	1, 763	4.83**	F(0.01) = 3.89
C×D	456	4	114	—	

$C \times P$	2,324	2	1,162	3.13	$F(0.05) = 3.63$
$B \times D$	6,813	8	852	2.33	$F(0.05) = 2.59$
$B \times P$	5,211	4	1,303	3.57*	$F(0.05) = 3.01$
$D \times P$	1,555	2	777	2.16	$F(0.05) = 3.63$
$C \times B \times D$	18,245	16	1,140	3.12*	$F(0.05) = 2.33$
$C \times B \times P$	9,296	8	1,162	3.18*	$F(0.05) = 2.59$
$C \times D \times P$	4,311	4	1,080	2.96	$F(0.05) = 3.01$
$B \times D \times P$	6,812	8	852	2.33	$F(0.05) = 2.59$
E	5,945	16	365		
Total	196,719	89			

V. 総 括

1) ドリル穿孔に依る鋼塊表面の人工気泡がリム材のすじ疵と全く同系統であり、すじ疵の長さは、気泡の直径に比例し、素材の延伸比と同程度迄伸され、その深さには関係しない、又鋼塊四面の何れの気泡も製品のすじ疵として確認された。

2) 製品のすじ疵に対する分散分析の結果、すじ疵の発生を有意に変える要因は charge 間、及び第二第五の定盤間、及加熱条件間 (Block) にあることを確認した。

3) 鋼塊表気泡に対する分散分析の結果、気泡の発生を有意に変える条件として脱酸程度の良否、定盤間の造塊条件の差によることを確認した。

4) 以上二つの分散分析結果は明らかに製品のすじ疵が表面気泡に原因していることを示しているが、これを相関分析によつて更に確認した。

5) 即ち相関分析の結果は

- i) 製品のすじ疵数と気泡数との相関
- ii) 製品のすじ疵数と鋼塊表面下 3mm 深さ範囲の気泡数との相関
- iii) 製品の 40mm 以上のすじ疵数と直径 2mm 以上の気泡数との相関
- iv) 40mm 以下のすじ疵数と 2mm 以下の気泡数との相関
- v) 鋼塊 Top, Mid, Bot, 区画内の気泡数と該当位置内の製品すじ疵との相関

に対して以上各項夫々 1% 以下の危険率で相関々係を認めた。

6) 製品のすじ疵数と不良率との相関の有意性を確

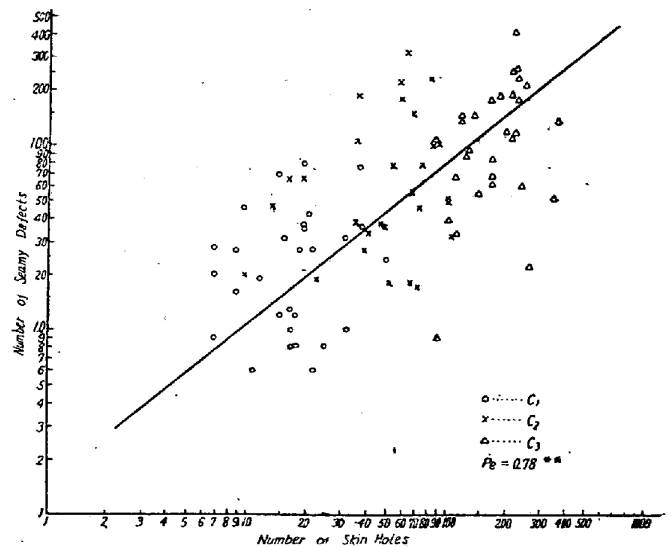


Fig. IV-a Regression curve of skin holes v.s seamy defects.

認、表面気泡数とすじ疵数の相関表と関連せしめ、表面気泡数による製品歩留を回帰直線により推定、気泡判定法の基礎とした。

7) 実験結果に基づき作業条件を変更した、特に脱酸、鑄型内面状況の改善を行つた。これによつて表面気泡は顕著な減少を示し、製品歩留は著しく向上した。

8) 改訂された作業標準に基づき、すじ疵に関する総合的な管理方式を確立、各要因に対し管理図によつて現在日常管理を行つている。

(53) 含ボロンばね鋼 TS50 B60 に関する研究 (I)

(Research on the Boron-Treated Spring Steel TS50 B60 (I))

Kichiya Suenki Lecturer, et alius.

新理研工業株式会社平井工場 理 安 田 洋 一
○鈴木吉弥

I. 緒 言

TS50 B60 はボロンばね鋼としてアメリカに於て製造され良好な成績を得られたといはれている。我が国に於ても二、三試作されている様であるがその詳細なデータは比較的少い。この鋼種は製造原価からいつても SUP 6 等より特に高くなるとは考えられないので後者より材質的に優れている点があればばね鋼として有望なものと考えられる。当社においては今後のばね用鋼種選定の資料に供すべく現在我が国で最も広く用いられている SUP 6 を始め最近検討されつつある SAE 5160 (Mn-