

近の温度で鑄込速度の遅いものに殆んど発生していない。

鑄込速度:— 鍛造疵は 1170kg/分以上に発生多く砂疵は出鋼温度が高ければ影響ないが低い場合は 1110kg/分以下に発生が多い。又ゴーストは熔鋼の液相線に留まる時間が短かければ偏析が少ないので鑄込速度は 1200kg/分以下が適當である。

以上の諸點を考慮して大體 1150kg/分が最適である。

懸堰ノズルの徑:— 鑄込温度と鋼塊の特性に應じて前述の結果から最適の鑄込速度を得る爲のノズルの徑を選定する必要があり鑄込温度 1535°C 鑄込速度 1150kg/分を求めると第4圖より $1\frac{6}{16}$ 吋を適當とする。

IV. 結 言

以上現場的な調査資料より造塊作業に現われた一般的傾向と鋼塊に發生する各種の缺陷に就て述べたが資料の不足により完全なる統計的結論を導き得ず又獨斷的な點も多々あるが更に適切合理的なる作業基準の確立を圖る爲調査並に實驗を引續き行つている。

終りに本報告の發表を許可せられたる株式会社日本製鋼所室蘭製作所々長鴨下克己氏に感謝すると共に御指導を賜りたる研究部第三課長前川靜彌博士並に御援助を頂いた研究部員小松文彦氏に深謝する。

又本研究遂行に種々御便宜、御助言を賜りたる熔鋼工場長館野萬吉並に係員上田芳夫の兩氏に厚く御禮申上げる。(昭和 26 年 10 月寄稿)

キューポラ可鍛鑄鐵の改良に就て

(昭和 26 年 10 月本會講演大會にて講演)

下 村 力*

A CONTRIBUTION TO IMPROVE THE CUPOLA MALLEABLE IRON

Tsutomu Shimomura

Synopsis: The improvement on the cupola malleable iron was discussed by the duplex melting practice using 2t-cupola and 4t reverberatory furnace.

The molten metal in the cupola was transferred with its slag into the reverberatory furnace, the slag was skimmed off, and the melt was adjusted in its composition and deoxidized. In this practice the relation between the chemical composition of the slag formed in the cupola and the mechanical properties of the annealed products was examined.

When all the melting conditions except the blast-one were constant and the subsequent annealing cycle is also constant, the mechanical properties of the product were considerably influenced by the ratio CaO/SiO_2 of the cupola slag even if the chemical composition of the melt appeared constant.

When the ratio CaO/SiO_2 in the cupola slag was increased, the graphitization cycle could be shortened and the mechanical properties of annealed products are improved. To improve the properties of the products, the oxidation of molten iron in cupola must be avoided as much as possible and the superheating of melt in the forehearth (in this case reverberatory furnace) was absolutely needed.

I. 緒 言

キューポラ可鍛鑄鐵は電氣爐可鍛鑄鐵に比べて、熔銑の精鍊作業を充分に行い難いためにその機械的性質は後者に比して劣るのが通例である。可鍛鑄鐵の性質が銑鐵の

熔解法に著しく影響せられるところから、キューポラ可鍛鑄鐵を改良するにも先づ銑鐵の熔解を吟味する必要を感じ従來行われて來た酸性キューポラ操業を主として熔銑と

* 株式会社櫻井製鋼所

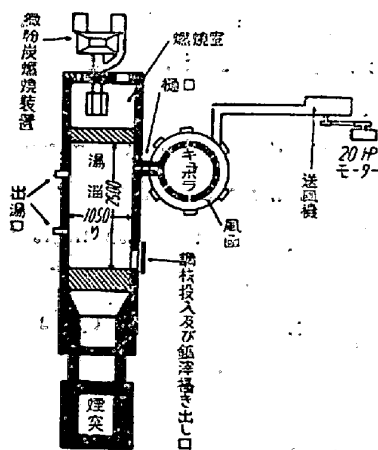
成品の性質との關係より検討したのである。

II. 本研究の概要

キューボラ装入の熔劑、コークス、金屬の種類と量を一定とし、更に爐材、ライニングも一定にして風壓、風量を變化せしめるときは、キューボラより前爐をなす反射爐え流入する熔銑の化學組成が變化し同時に熔滓の CaO/SiO_2 比が變化する。前爐に於て白銑の化學組成を約 2.7% C, 約 1.2% Si, 約 0.45% Mn, 約 0.11% P, 約 0.13% S となる様調整し、これに一定の燒鈍處理を行つて可鍛化した成品についてその抗張性質を測り、これと熔滓の CaO/SiO_2 比 (今後單に熔滓比と稱する。) との關係をみるに、熔滓比が 0.35 より 0.52 に移るに従つて成品の抗張力は $33\text{kg}/\text{mm}^2$ より $40\text{kg}/\text{mm}^2$ え又伸びは 9% より 17% に變化することを知つた。この現象を考察するに、滓中 SiO_2 の増加することは熔融金屬中の Si の酸化滓化がよく進むためであり、かゝる条件下では熔湯中の非金属介在物を増すこととなり、従つてこれが材質劣化の因をなすと思われる。この點に關し以下その詳細を報告する。

III. 實驗條件

實驗には筆者工場の熔解爐をそのまま用いた。これは 2t キューボラと 4t 反射爐の二重操業をするものであつて反射爐は所謂改良された前爐の如き役目を果している。其の略圖を第 1 圖に、キューボラの主要寸法を第 1 表に示す。



第 1 圖 筆者工場に於けるキューボラ反射爐の略圖

第 1 表 キューボラ主要寸法

羽口面より装入口迄の高さ	3000mm
羽口面より爐底迄の高さ	350mm
羽口面に於ける爐の内徑	670mm
羽口の形狀	圓形

羽口の段數及び個數	1段, 6ヶ
羽口の直徑	65mm
羽口角度	15°
羽口比	18

又これに使用する耐火粘土並に耐火煉瓦の化學組成を第 2 表に示す。キューボラ装入地金配合の割合は新銑 20: 銅屑 30: 湯口 45: 可鍛鐵屑 5 である。

第 2 表 爐材の化學組成

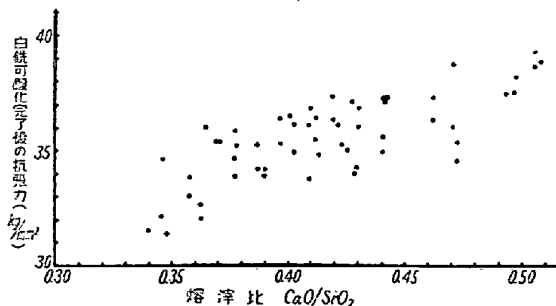
	化 學 組 成				
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	FeO
耐火粘土	61.70	24.68	1.33	0.91	6.97
耐火煉瓦	74.18	21.18	0.96	0.67	4.67

キューボラに依つて得られた熔銑は熔滓と共に一旦反射爐え流れ込みこゝで一定の容量に溜ると熔滓を驅除した後、Fe-Si, Fe-Mn を投入し化學組成と溫度を調整して目的の組成の白銑、即ち ~2.7% C, ~0.115% Si, ~0.45% Mn, ~0.10% P, ~0.13% S の熔銑を得る。これ等の白銑並に熔滓の化學分析は鐵鋼分析學振法により、又白銑内の各種酸化物の分析は森脇氏¹⁾及び加山氏²⁾の鹽素法に従つた。

IV. 熔滓の CaO/SiO_2 と其の成品の機械的性質との關係

上記の方法で得られた熔滓の CaO/SiO_2 と可鍛化完了後の機械的性質との關係を圖示したものが第 2 圖、第 3 圖である。横軸に熔滓比、縦軸に抗張力又は伸びをとつた。この場合、熔解條件は前項に述べた如く風壓、風量以外は一定であつて白銑の化學組成も略々上記のものに一致するが、組成調整前の熔銑は熔滓の酸化度が強い程 Si 含量が低くなつていた。第 4 表はこれを示す。

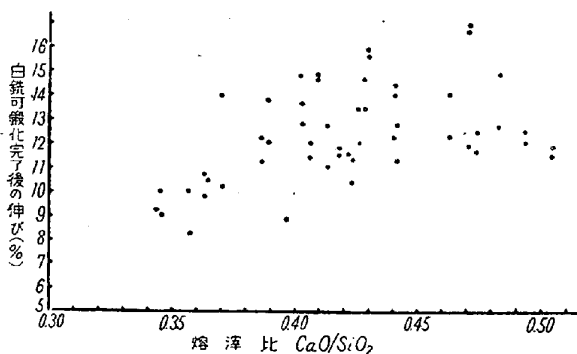
尙、反射爐よりの出湯溫度は 1450°C 内外である。其の後の熱處理も凡そ一定であつて 900°C 迄 24 時間を要して加熱し 900°C に 30 時間保持後これを徐冷して



第 2 圖 熔滓比と成品の抗張力との關係

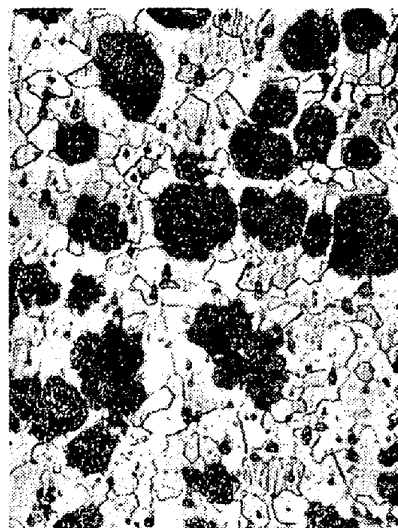
第3表 熔滓比 CaO/SiO_2 と調整前の爐中 Si 量との關係

試料	熔滓比 CaO/SiO_2	調整前の爐中 Si 量%	試料	熔滓比 CaO/SiO_2	調整前の爐中 Si 量%	試料	熔滓比 CaO/SiO_2	調整前の爐中 Si 量%
2	0.346	0.51	5	0.406	0.67	20	0.431	1.01
9	0.357	0.55	6	0.409	0.58	19	0.441	0.91
13	0.364	0.53	14	0.410	0.65	39	0.442	0.82
7	0.371	0.53	25	0.419	0.99	22	0.449	0.95
12	0.375	0.56	10	0.424	0.93			

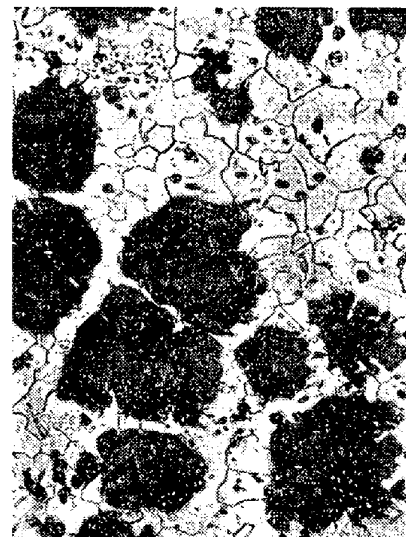


第3圖 熔滓比と成品の伸びとの關係

720°C に至り 24 時間保持してある。第2圖, 第3圖で明かな如く, 熔滓の酸性度が強い程其の機械的性質は劣る結果を得た。之は先に述べた如く酸性度の強い熔滓の下に生じた熔銹には非金属介在物が多いため, 黒鉛化し難く, 更に可鍛化がよく行われた後であつても機械的性質が低下するものと考えられる。然し乍ら熔滓比が餘り高くなると白銹の黒鉛化が極めて容易となるために先の黒鉛化時間では過燒鈍に陥り易い傾向となる。第4表及び寫眞1, 寫眞2は以上の關係を示すもので, 前者は CaO/SiO_2 0.442, 後者は 0.603 であるが, 900°C 保持 30 時間の燒鈍に於ては後者は明かに過燒鈍を示し, その黒鉛粒は前者の黒鉛粒數箇が集結したかの如く粗大となつてゐる。又破面も後者の方が脱炭層が厚い。機械的性質は前者が抗張力 37.2kg/mm², 伸び 14.4% であるのに反し後者は 33.6kg/mm², 15.4% となつてゐる。即ち 0.45 附近の熔滓比を有する白銹には前記の黒鉛化時間が適當であり, 0.60 附近の中性に近い熔滓比を有する白銹ではそれより短い熱處理で充分であると考えられる。



寫眞 1. $\text{CaO}/\text{SiO}_2=0.442 \times 100$



寫眞 2. $\text{CaO}/\text{SiO}_2=0.603 \times 100$

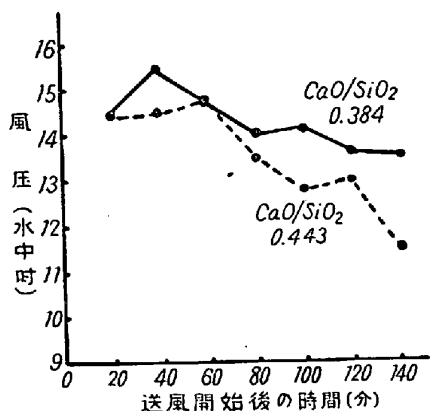
第4表 燒鈍時間の適否を見た熔滓比と成品と機械的性質との關係

試料	熔滓組成%			白銹化學組成%						抗張力 kg/n.m ²	伸び %	備考
	CaO	SiO ₂	CaO/SiO	C	Si	Mn	P	S	Cr			
28	20.62	46.68	0.442	2.77	1.13	0.462	0.111	0.140	0.01	37.2	14.0	黒鉛化完了 過燒鈍
										37.2	14.4	
43	26.71	44.24	0.603	2.70	1.19	0.400	0.103	0.136	0.01	33.6	15.4	
										33.9	15.8	

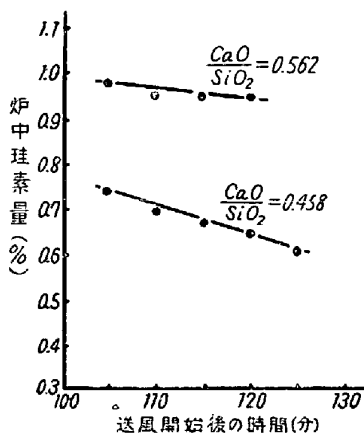
V. 熔滓組成の白銑熔解に於ける意義

上述の如く、熔滓の鹽基度が低い程其の後に得られる鑄鐵の機械的性質が劣ることが判つた。其の理由として熔滓比の小なる場合即ち酸性度が強い場合には熔銑中の非金属介在物が多いことに因ると考えたのであるが、この點を確認するために次の如き實驗と考察を行つた。

先づ、キューボラ操業中の風壓と爐中の Si の變化並に熔滓比との關係を求めた（第3表参照）。第4圖並に第5圖にこれ等の結果を示す。



第4圖 風壓と熔滓比との關係

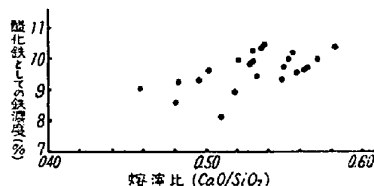


第5圖 熔滓比と爐中珪素量との關係

第4圖並に5圖から考えられることは、キューボラ操業

に於て風壓、風量を増すことは熔融地金中の Si, Mn の酸化程度を甚しくして、更にこれが滓化することによつて熔滓中の SiO₂ の量を高めることである。逆に風壓を押えた操業は熔銑中の Si, Mn の減少を少くする許りでなく更に C を増加せしめる傾向が見受けられ、熔滓中では CaO/SiO₂ を大きくする。本實驗の様に石灰石の品位、その使用量並に爐材が一定である場合、全滓中の CaO の量は略一定と見做すことが出来るから、熔滓比の代りに單に滓中の SiO₂ の濃度を論じても同様の結果が得られる。

熔滓比と滓中の FeO との關係を求めたものが第6圖である。この圖より判る如く熔滓比が小さい程即ち滓中の SiO₂ が増す程滓中の FeO が概して少くなつてゐる。



第6圖 熔滓中の CaO/SiO₂ と FeO との關係

熔銑が送風によつて酸化されて FeO が生ずればこれは熔銑中の Si によつて還元されて SiO₂ となり、これが更に FeO と結合して珪酸鐵滓—2FeO·SiO₂—を生ずるのであつて、従つてこの場合滓中の FeO は珪酸分の多いため遊離の状態で存在することは困難である。故に滓中の FeO は滓の酸化力とは無關係と云うことが出来る更にこの場合滓の化學組成は爐内化學反應の結果を示すものと云つても差支えない。

一方、鹽素法に依る白銑内の非金属介在物の含有量を熔滓比の鹽基度の異なる二つの場合について比較検討した。この結果が第5表である。

これから直に判ることは、熔滓比の小なるとき換言すれば SiO₂ の多い場合には、熔銑中にも SiO₂ を初めとする酸化物が多く熔滓比の大なるとき、即ち滓中 SiO₂

第5表 熔滓組成と白銑内酸化物との關係

試料	熔滓組成 (%)				白銑内酸化物 (%)		
	CaO	SiO ₂	FeO	CaO/SiO ₂	全殘渣	SiO ₂	FeO
標準	—	—	—	—	0.2125*	0.0123*	0.0709*
49	22.56	46.88	11.12	0.481	0.2400	0.0157	0.0463
	24.30	43.84	13.14	0.555	0.2840	0.0132	0.0163
50					0.2180	0.0124	0.0115

* 早大鑄物研究所による標準分析値

の少ない場合には熔銑中にもこれらが少い。換言すれば銑鐵中珪素の酸化は熔滓中の SiO₂ を増加すると共に尙熔銑中に懸滯する SiO₂ の微粒をも増すことになる。従つて第2圖又は第3圖に於ける如く熔滓比 CaO/SiO₂ の大となるにつれて成品の機械的性質が向上することには熔銑中の非金属介在物の減少が與つてゐることが實驗的にも證據付けられたわけである。尙この場合、反射爐中に於て熔滓と熔銑との間には、製鋼の場合と違つて平衡状態から可成り遠いものがあると想像される。(FeO)と[FeO], 又は(SiO₂)と[SiO₂]との間に一定の關係を認めがたいのである。前述の如く熔銑中に SiO₂ が存在するのも、熔銑中の Si が送風によつて酸化、滓化しても完全に熔銑中から SiO₂ の微粒子が排除されるに至らないからである。概して熔滓は熔銑を積極的に製煉する作用をもたず、生ずる滓は爐内熔解物の一生産物に過ぎない観がある。

キューボラ熔解の場合、送風條件以外が一定である時には熔滓と熔銑の性状を支配するものは主として風壓、風量であることは前述の通りである。然し乍ら風壓が高く脱珪素の起る様な條件では熔銑中の非金属的介在物が増す傾向にあり、この點で反射爐の熱的鎮靜の役目は重大である。即ち今の場合反射爐或いはこれに相當する前爐は極力高温に加熱し熔湯の流動性の向上を計り乍ら非金属的介在物の淨上分離を期さねばならない。

鑄鐵の材質の優劣を左右する他の主要因子として反射爐内の熔解温度が考えられる。第6表より明かな如く、高温加熱の場合には、これ等の機械的性質は酸性度の強い熔滓をもつてゐるにも拘らず優れている。高温加熱自體が非金属的介在物の淨上分離に役立つことを示すものと考えられる。

VI. 熔銑中の硫黄含有量と熔滓比との關係

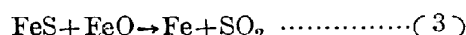
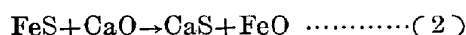
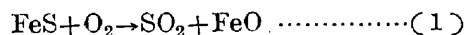
最近のキューボラ操業によると S 0.10% 以下の熔銑を得ることはさほどの困難を伴わない様である。然し乍ら白銑熔解の場合は普通の鼠鑄鐵のそれよりも高温熔解が

要求されるためークス比も後者に比して高く、更に反射爐加熱中に於ける石炭の燃焼より生ずる SO₂ 又は SO₃ の作用により S 含有量も増加する傾向にある。この場合、熔滓比 CaO/SiO₂ と [S] との關係を求めてみたのが第7表である。CaO/SiO₂ の高まるにつれて僅かではあるが [S] が少くなつてゐる。

第7表 熔滓比と白銑中の S 量との關係

試料	熔滓比 CaO/SiO ₂	白銑中の S %	試料	熔滓比 CaO/SiO ₂	白銑中の S %
13	0.360	0.139	33	0.490	0.124
17	0.384	0.138	50	0.500	0.121
20	0.432	0.130	53	0.530	0.120
28	0.442	0.132	54	0.530	0.117
32	0.450	0.127	62	0.600	0.116

キューボラ熔解の場合の脱硫反應には



等が考えられるが、これら各反應による脱硫度にはさほど強弱はないものゝ如くで、CaO/SiO₂ の大なる場合は (FeO) も多くなるという第6圖の結果と符合して矛盾しない。

VII. 總 括

以上の結果を綜合して考察してみるに次の如く要約することが出来る。

(1) キューボラ熔滓中の CaO/SiO₂ 比が大なる程成品の機械的性質が向上する。而も白銑の黒鉛化完了時間が短縮される。C, Si, Mn, P, S, Cr 等の合金元素の濃度が一定の場合、材質の優劣を左右する主要因子は非金属介在物の多少であつて、このことは鹽素法による酸化物の分析によつて實驗的に確められた。

(2) この實驗に於ては熔滓が熔銑を積極的に精煉する事實は認められなかつたが、反射爐が單なる化學組成を均等化する前爐としての機能から脱して高温加熱が出

第6表 反射爐の加熱温度が成品の機械的性質に及ぼす影響

出銑温度 1435°C				出銑温度 1450°C				出銑温度 1470°C			
試料	熔滓比 CaO/SiO ₂	抗張力 kg/mm ²	伸び %	試料	熔滓比 CaO/SiO ₂	抗張力 kg/mm ₂	伸び %	試料	熔滓比 CaO/SiO ₂	抗張力 kg/mm ₂	伸び %
3	0.390	33.9	10.0	9	0.357	33.3	9.2	21	0.362	37.2	14.8
35	0.404	34.8	12.8	5	0.406	37.5	11.7	4	0.406	43.5	13.0
39	0.442	35.0	11.9	28	0.442	37.2	14.2	36	0.432	39.7	15.0

來、完全な二重操業法が採用されるようになれば熱的鎮靜による熔銑の淨化が完成されるのみならず、熔滓の熔銑えの精煉作用も生じて來る。本實驗の一部にそれを確認している。

(3) 熔滓比の大きいことが熔銑の脱硫を容易にする。

(4) キューボラに於て熔銑の酸化を可及的防止し、反射爐に於て高温加熱する必要がある。

(5) 所謂キューボラ可鍛鑄鐵に於ても抗張力 37kg/mm²、伸び 15% 以上の機械的性質を有する成品を生産することはさほどの困難を伴はない。

以上の結果より、一層の成品の向上と燃料の節減を目的として反射爐の蓄熱的特殊加熱法について目下準備を急いでいる次第である。

終りに本實驗に於て終始御懇篤な御指導を賜つた東京工業大學岡本博士、鹽素法による酸化物の分析に助言を賜つた鑄物研究所加山氏の御指導に對して深甚の謝意を表します。(昭和 26 年 11 月寄稿)

文 献

- 1) 森脇和夫：鐵と鋼，27 No. 6 (昭和 16 年) 965.
- 2) 加山延太郎，阿部喜佐男：鑄物 23 No. 5 (昭和 26 年) 17

スチーフエルマンネスマン式穿孔機によるパイプの 外面疵發生と管材表面疵との關係について

(昭和 26 年 10 月本會講演大會にて講演)

井上 勝 郎* 副 島 恒 夫*

STUDIES ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE SEAMS OF ROUND BILLETS AND THE OUTSIDE CRACKS OF TUBE BLANKS PIERCED BY THE STIEFEL-MANNESMANN PIERCING MILL

Katsuro Inouye and Tsunewo Soyejima

Synopsis: In the manufacture of seamless steel tubes by the use of the Stiefel-Mannesmann piercing mill, we are often annoyed by cracks on the outer surfaces of tube blanks. These cracks are mainly due to seams on the surface of round billets, but the standard of judging their harmful nature has not been yet made clear. The authors collected many examples of them, and studied the microstructures and depth variations along their axis after classifying them into 6 groups, and then heated these specimens in the heating-furnace, checking the changes of their cross-sectional form and depth. On the other hand, the authors pierced about 70 examples of round billets and compared the cracks of tube blanks with the due depth of seams. Making use of these results obtained, the authors concluded as follows:

- (1) Cracks appeared on the outer surface of hollowed pieces are due to seams on the surface of round billets. If the seams are removed before piercing, no crack appears. The kinds and appearance of seams have no bearing upon the cracks of hollowed pieces and the dominant factor is the depth of the seams.
- (2) The boundary depth on which the harmfulness of the seams of billets may be decided as follows:
 - a. 0.7mm under is harmless.
 - b. From 0.7mm to 1.4mm is harmful or harmless according to circumstances, inasmuch as the scale-off amount of billets varies from place to place between these amounts.
 - c. 0.7mm up is always harmful.

The above conclusions were confirmed by actual experiments.

* 日本特殊鋼管株式會社