輕壓品に表われる ORANGE PEEL について

ON THE ORANGE PEEL AT DEEP DAWING OF 2S SHEET

池 野 尚 志*
TAKASHI IKENO

Orange peel was found by deep drawing recrystallized, at comparatively lower temperature, 2S sheet. This is thought of being due to a peculiar surface with coarse grains by the annealing and particularly, that a incubating coarsen property of Fe in 2S will be important factor.

I 緒 言

Ironing や spinning を行わない深絞り加工に於て、板表面に著しい凹凸が発生して、荒れた肌面を呈し、所謂 Orange Peel なる現象を現わすことがある。これは、従来、結晶粒の大小との関係で説明されて来た。Orange Peel は Stretcher Strain と共に深絞り加工工程に於て、特に嫌がられる現象であるが、著者は、実際面に於て、経験せられる本現象について、観察された事項を現象的に述べて見度い。勿論、決定的な解釈を与える迄には、更に詳細な実験を施行せねばならないので、予報的な取扱に過ぎない。

II ORANGE PEELが認められた 実験結果

この実験は、Orange Peel なる現象を特に調べるために行つたのではない。全然、別箇の目的で実験していた過程に於て認められたものである。Orange Peel が現われた場合を総括すると、

(1) 結晶粒粗大の場合

これは従来、Orange Peel が出来る原因と考えられていた場合の現象であつて、別に取り立てゝいう程のことではない。然し、焼鈍温度の高過ぎる場合或は長時間加熱（加工度も関係するが）した場合の粗大化現象の外に、成分的にも Mn が入つて来た場合にそうなることが認められた。同一焼鈍条件に於て調製された試料で、Mn 0.4% 程度の混入は、さ程著しくない（然し、猶後述する場合の例に匹敵する程の Orange Peel 面を呈する）が、

0.7% にも及ぶと、著しく粗粒化して、深絞り加工された面は恰もトタン板の様な模様を呈し、使用不可能になる。畑氏⁽¹⁾が、2S の再結晶に対して Mn が著しく粗大化することを報告されているが、全く軌を一にするものと考えられる。

(2) その他の場合

2S (Fe 0.5~0.6, Si 0.2~0.3% 及び Cu 0.01~0.1% 組成の 99.0~99.3% Al) の焼鈍実験中（冷間加工度 80~90%）或る温度範囲の焼鈍板を深絞りした場合、板面に Orange Peel が現われる。数回、繰返へした同一実験に於て、毎回同一現象が認められたので、この現象について、若干調査した結果を述べて見度い。即ち、冷間加工度 80~90% 程度の 0.5~0.6mm 圧延板を試料にして、焼鈍温度を 250° より 450° の間に 20~30° 置きに取り、焼鈍時間を 1, 2, 4 及び 5 時間の 4 種類として、焼鈍した板の深絞り加工中に Orange Peel が認められた焼鈍条件を求めると、Table 1 の様になり、大体

Table 1

Time Tem- p. °C	Annealing Time (hrs)			
	1	2	4	5
250	—	—	—	—
270	—	—	—	—
300	Orange Peel	Orange Peel	Orange Peel	Orange Peel
320	〃	〃	〃	〃
350	—	little	〃	〃
380	—	—	—	—
400	—	—	—	—
450	—	—	little	little

*北陸輕金屬工業株式会社技術課長

Hokuriku Light Metal Industrial Co., Ltd.

300~350° の間に危険範囲がある。この中、時間が短い(1時間程度以内)と、350° 以上では認められない。又、450° で 4 時間以上に認められる Orange Peel は明かに結晶粒粗大化によるものである。こゝでは、300~350° の中間温度に於て現われる現象について 2, 3 の考察を行つて見たい。

Table 2

Anneal. Temp. °C	Time hrs	σ_B kg/mm ²	δ %	Erikzen Value mm	VHN Load 1kg
as rolled	—	19.0	5.1	3.98	49.9
300	2	7.9	29.8	8.65	23.5
〃	5	8.0	33.5	8.85	22.2
〃	8	8.2	34.3	8.00	21.9
〃	12	8.1	38.2	7.95	18.5
350	2	8.2	31.6	7.65	18.7
〃	5	8.1	35.2	7.50	17.0
〃	8	8.3	32.2	7.55	21.8
〃	12	8.1	31.2	7.45	21.6
380	2	8.1	32.4	7.32	22.7
〃	5	8.5	30.0	7.50	20.4
〃	8	8.2	30.1	7.27	20.0
〃	12	8.2	33.4	7.40	21.9
400	2	8.7	32.2	7.30	19.6
〃	5	8.4	31.5	7.40	22.0
〃	8	8.5	31.6	7.40	20.7
〃	12	8.5	33.2	7.05	21.8
420	2	8.3	26.7	6.90	21.9
〃	5	8.4	30.0	7.35	21.3
〃	8	8.2	32.6	7.05	22.0
〃	12	8.3	32.2	7.60	20.8

Fig. 1 Relation between mechanical properties and Heating Temperature.

III 焼鈍と物理的性質の変化並に Orange Peel に対する予報

(1) 機械的性質の変化

300~420° の間で、焼鈍した板について、機械試験を行つて得られた結果を Table 2 に示す。これから見ると以上で 2 時間加熱すれば、完全に焼鈍されていて、測定誤差範囲内に於て焼鈍温度の相違による機械的性質の差違は認められない。

次に、焼鈍温度と機械的性質の時間的変化を調べてみると、その 1 例は Fig. 1 の様になり、300°~1 時間の加熱で再結晶は完了する様である。(但し、以上の加熱は全て空気浴加熱である) 300° 以上の焼鈍で、機械的性質に差異を与えないことを示すのみで、これ等の結果から、Orange Peel 発生可能に対する原因を掴むことは不可能である。

(2) 結晶粒の変化

加工材を加熱して行くと、先づ再結晶核が発生し、こ

Table 3

Anneal. Temp. °C	Heat Velocity °C/min.	Grain size $\times 10^{-5}$ mm ²	Erikzen Value mm	VHN Load 1kg
Original Plate (Cold Work. 85%)			7.10	51.7
300	2	41	11.10	23.2
〃	5	41	9.51	21.5
〃	10	41	9.30	21.4
〃	50	41	9.80	22.9
〃	∞^{**}	36	10.00	22.7
350	2	57	9.20	22.5
〃	5	51	9.20	22.5
〃	10	48	9.35	22.5
〃	50	43	9.45	—
〃	∞	44	9.43	22.8
400	2	54	9.00	—
〃	5	53	9.20	—
〃	10	47	9.20	—
〃	50	48	9.40	—
〃	∞	41	9.51	22.1
450	2	61	8.95	—
〃	5	61	9.20	—
〃	10	50	9.35	—
〃	50	53	9.20	—
〃	∞	45	9.10	22.2

*Heating Hour is 60 min.

**Put into furnace which is keeping at annealing temp.

Photo. 1 as rolled*
*Parallel Section for
direction of rolling.

Photo. 2
300°~1hr

Photo. 3
350°~1hr

Photo. 4
400°~1hr

Photo. 5
450°~1hr

Photo. 6
260°~4hrs
at Surface

Photo. 7
320°~4hrs
at Surface

Photo. 8
400°~4hrs
at Surface

Photo. 9
450°~4hrs
at Surface

Table 4

Annealing Temp. °C	Ratio between Para. and Verti.
300	4 ~ 5 : 1
350	3 ~ 4 : 1
400	2 ~ 3 : 1
450	3 ~ 4 : 1

れが成長して新結晶が出来る。この再結晶粒の大きさを支配する条件は(1)加工度、(2)焼鈍温度、(3)焼鈍時間、(4)加熱速度(5)成分的因子等である。(5)その他、高温加工時の条件が影響を与えることが知られている。(1)-(4)尚、この他にも、铸塊結晶粒の大小も一素因となる様である

これ等の問題については、別箇に調査中であるが、特に、純度によつて、その影響が相違することは興味ある問題である。この問題と Orange Peel との関係もないとはいえない。

さて、本実験で、Orange Peel の認められた区域に於ける結晶粒を調べるために、同一条件で調製した別箇の板について、再結晶粒の大きさを調べた結果が Table 3 である。この結果を見ると、加熱温度が高い程又加熱速度が小さい程、Grain Size は大きくなる傾向を示しているだけで、特に 300° の焼鈍に於て粗大結晶が出来る事実が認められない。絞り性を現わすエリクセン値も焼鈍温度が低い方が良好な結果を示していて、これ等の実験結果からは Orange Peel 生成の可能性を発見することが出来ない。エリクセン試験後の板面を見ると、著しい変化はないが、300° 附近に於けるしわは深く、それ以外

では平滑度が勝っている。1 ケの凹凸のしわの長さも、Orange Peel の現われる範囲で長い様である。

Photo. 1~5 は各条件の場合に得られる顕微鏡組織の代表的なものである。圧延されたまゝでは、圧延方向に伸びた Fiber Structure を示し、不純物が層状に流れている。再結晶粒を見ると、圧延方向に成長し易く、直角方向には著しく遅れている。再結晶粒の圧延方向と垂直方向の長さの比の概算を求めると、Table 4 の様になる。この値は、勿論、箇々の粒子によつて相違しているので、正確なものではないが、各々の場合に於て、10 ケの粒子についての平均値で示した。これから見ると、Orange Peel の表われる温度範囲に於ては結晶粒の形状が特に細長くなつていて、結晶粒の大きさの不均一度も高いらしい。とすると、この附近で認められるものは、再結晶粒子の大小に関係する Orange Peel ではなく結晶粒の形状の不均一性に原因する板肌の凹凸が殊に目立つて観察されるということも寄与しているのではないかと考えられる。

他方、3S に於て認められている様な表層異常粗粒化(5)の影響が考えられる。即ち、その一例を Photo. 6~9 に示す。260. 320 400 及び 450° で 4 時間加熱した板の表面組織の変化で、この中 Orange Peel らしき模様を呈したのは Photo. 7 の 320° 焼鈍板と Photo. 9 の 450° で焼鈍したものである。260° では、核の芽らしきものは認められるが、未だ再結晶して居らず、(深絞りした加工面は極めて平滑である) 450° では粗大な粒子が見受けられ、Photo 7~8 の 320° と 400° との表面結晶粒を比較すると少々前者の方が大きくなつて居り、寧ろ Photo (p50へ続く)

(p78より)

9 の450° の場合の大きさに近く、然も粒子の大きさも不揃で、不均一度は却て高くなっている様である。但し、本実験で観察された板の成分が Fe 0.62, Cu 0.08 及び Si 0.26%の 99.04%であつて、成分的には Fe の粗粒化現象への寄与も考えられるが、以上簡単な枚鏡結果のみによつて、表層異常粗粒化の現象を肯定することは、猶早計であるかも知らない。更に、加工方法その他複雑な因子を含んでいと考えられるので、これが成分的影響か、加工方法による特殊な現象か等の関係因子について目下追求中である。

IV 總 括

異常 Orange Peel が現われることがあるらしいことを予報的に述べた。果して表層異常粗粒化の現象によるものか或は成分的な問題乃至は加工方法によるものか、等については更に詳細な実験を必要とするので、本報告では、簡単に現象的な事実を報告する止めて、明白な解決については後日を期し度い。

本実験に於ける機械試験その他については富山大学工学部室町教授並に堀茂徳氏の御援助によつた。深湛なる謝意を表する次第である。

参考文献

- (1) 畑, 日本金属学会誌, 16(1952), 355.
- (2) 大日方, 畑, 日本金属学会誌, 6(1942), 258
- (3) R. Karnop, G. Sachs, Z. Phyc., 40 (1927), 283
- (4) R. Chadwick, Metal Industry, 76 (1950), 331
- (5) 清水, 本誌, 4 (1952), 100