

技 術 論 文

亜鉛板の引張速度による抗張性の變化について* 主として軟化處理との關係

河 内 利 平** 篠 田 潔***

Rihei Kawachi and Kiyoshi Shinoda: On the Tensile Properties of Zinc Sheets Tested at Various Pulling Speeds. (Mainly, Relating to Annealing Treatment.)

It has been known that the variation of tensile properties depending on the pulling speed was great for rolled zinc sheet but small for annealed one, i. e., the former was superior in tensile strength and inferior in elongation to that of the latter when tested at low pulling speed while such superiority or inferiority was reversed at high pulling speed.

To confirm this abnormal phenomenon in detail, tensile properties of the alloys quoted below were tested at the rate of tension of 1~140mm/min. after various annealing treatments.

(a) highly cold rolled zinc sheets containing 0.6 pct lead. (b) zinc-lead (0~1.14 pct) alloys sheets of which cold reductions were 0~70 pct. (c) highly cold rolled zinc alloy containing small amount of lead and manganese.

The results obtained were as follows:

(i) the abnormality above mentioned was clearly shown in alloy (a), but not so clear in (b) and not recognized in (c).

(ii) it was shown that degree of the variation of tensile properties depending on the rate of tension became smaller with proceeding the recrystallization of specimens.

(iii) the specimens of alloy (c) annealed at 200~325° C showed the hardening phenomenon when tested at the rate of tension of 1~100 mm/min, the temperature at which the max. strength was obtained was decreased with increasing rate of tension. And at the rate of tension of 140mm/min. Such increase of strength was disappeared.

To clarify such abnormal phenomena it was suggested that further researches into rolling schedule, reducing amounts or the effect of testing temperature must be done.

(Received April 5, 1952)

I. 緒 言

一般に低融点金属は再結晶温度が常温附近にあるために冷間加工が普通の工業用諸金属の高温加工に相當する如き効果を持ち加工硬化能に關して特異の性状を示す。亜鉛もかゝる金属の一つであつて壓延軟化や自己焼鈍効果というのが如き事實のことはよく知られている。このような現象と關係深き特異性の一つに抗張力、伸率が引張速度で大きく左右されることのあるのがすでに實驗的に示されておる。たとえば Mathewson 等⁽¹⁾は少量の鉛を含む亜鉛薄板について Cupping Test を行い、Fig. 1 の結果を得ており所謂 Amorphous theory をもつてこれを説明した。Sachs⁽²⁾はまた Fig. 2 の如き成績を發表し加工材では試験速度のゆるやかな程抗張力が減少し伸率が増大するに反し、軟化材では試験速度の影響をうけることが少なく、加工材に比して強さや伸の優劣は引張速度で逆になることを示してい

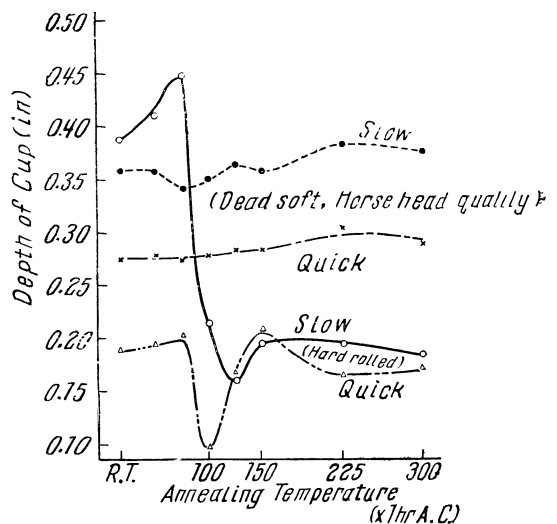


Fig. 1 Relation among Drawing Speed, Depth of Cup and Annealing Temperature of Hard Rolled or Dead Softened Zinc Sheet (after Mathewson, et al.)

** 住友金属工業株式会社伸銅所

* 1948年10月本會福島大會に一部發表

(1) C. H. Mathewson, C. S. Trewin, W. H. Finkeldey, A. I. M. M. E., **64**(1920), 305.

(2) G. Sachs, Z. Metallk., **17**(1925), 187.

る。この他引張速度による性能變化に関してはBurkhardtの著書⁽³⁾や Weisse の論文にも幾つかの亜鉛合金について

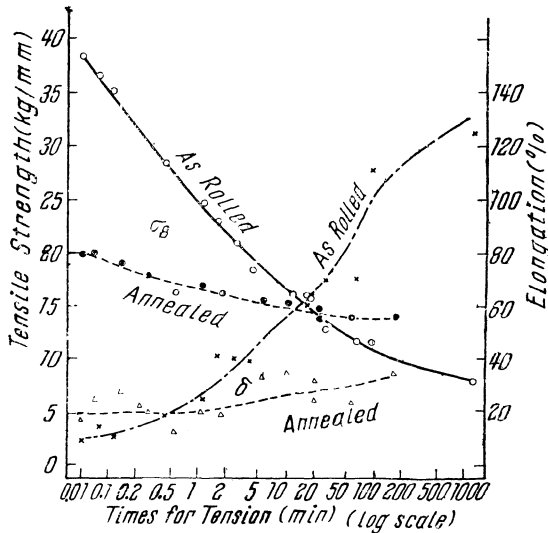


Fig. 2 Relation between Times for Tension and Tensile Properties of Cold-Rolled or Annealed Zn Sheet. (after Sachs) thickness: 0.35 mm cold reduction: about 90%, purity of Zn: unknown.

述べられているが吾々はかかる抗張性と引張速度の關係が板の軟化處理、壓延度、ならびに不純物としての鉛量で如何様に變るものかを確め更に深絞り性の良好な Mn, Pbの少量を含む亜鉛合金⁽⁵⁾についても検討してみた。

II. 常溫附近の溫度變化と抗張性

引張速度の影響を確める前に今回の試験要領の場合の常溫附近での溫度變化と抗張性の關係を簡單に調べた。試片

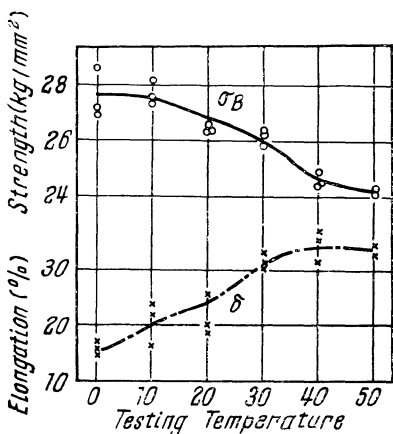


Fig. 3 Relation between Testing Temperature and Tensile Properties of Rolled Zinc Sheet.

は Cd 0.10, Fe 0.02, Pb 0.56, Cu nil, Zn 殘部の成分をもつ1 mm厚の板で冷間壓延度約 80 % のものである。標點距離 50 mm 平行部巾 20 mm の縦抗張試片をとり0~50°の水槽に 30 分保持し、すぐに 47 mm/min の引張速度で抗張試験を行い Fig. 3 の結果を得た。0~50°間で抗張力は約 4 kg/mm²,伸は約 18 % 程度の變化がみられる

III. 引張速度の効果をみるための 試験要領

抗張試験は 10 ton の Amsler 型油壓試験機を用い、valve の調節により引張速度を 1~140 mm/min の範圍でかえた。試験時の室溫は全試験を通じては 3~30° の間で上下したが各實驗系列内での溫度變化は數度内に留まつており、前項の結果よりみて室溫の影響は余り問題にならぬものと思ふ。試片は特記なき限り 80 mm 厚の ingot を 5 mm 迄火延し (約 170° 壓延) 以下冷間壓延で 0.35 mm にしたもの (冷間壓延度約 93 %) より採取せる標點距離 50 mm, 平行部巾 17 mm の縦板であり、何れの試験も同一條件で 2 回繰返し行つた。

IV. 軟化處理と性能

Pb 0.60, Fe 0.04, Cd 0.06, Zn 殘部の試片について軟化溫度 80, 160, 350° に種々時間保持した 後色んな引張速度で抗張性を確めた。80, 160° の加熱は oil bath 250° の加熱は salt bath で行つた。Fig. 4 は横軸に軟化加熱時間をとつたものであり、Fig. 5 は引張速度を横軸にして試験結果を示したものである。試験時の室溫は 25~30° である。この圖から 80° の加熱では 30 分後に少しく性能の變化がみられるのみであるが、160° では約 8~15 秒加熱迄に、350° では 1~2 秒間の加熱迄に大きく性能は變化しそ

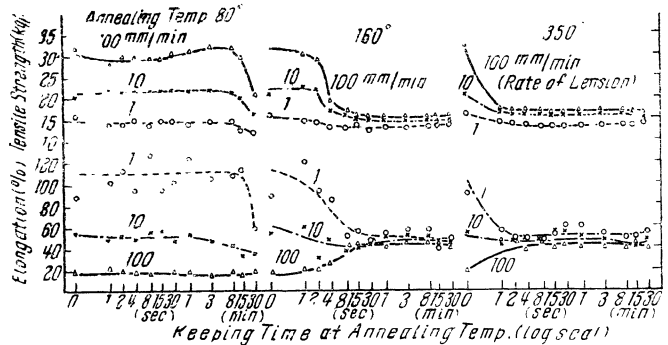


Fig. 4 Influence of Rate of Tension on the Tensile Properties of Rolled Zinc Sheets Annealed at 80°, 160° and 350° for Various Periods.

れ以上では安定してしまうことが判る。この間の變化をみても抗張力は何れの引張速度であつても加熱時間と共に低下し、その低下のしかたも急速引張り程急激であるが、どのような軟化狀況の場合でも引張速度の大なる程抗張力は大きである。しかるに伸率ではゆつくり引張る程伸が

(3) A. Burkhardt, *Technologie der Zinklegierungen* (1940), Berlin.
 (4) E. Weisse, *Z. Metallk.*, **32** (1940), 69.
 (5) 河内, 扶桑金屬, **2** (1949), 21.

大きくなるということは軟化の温度や時間の如何にかゝらずいえるのであるが、興味あるのは低速引張りの場合に

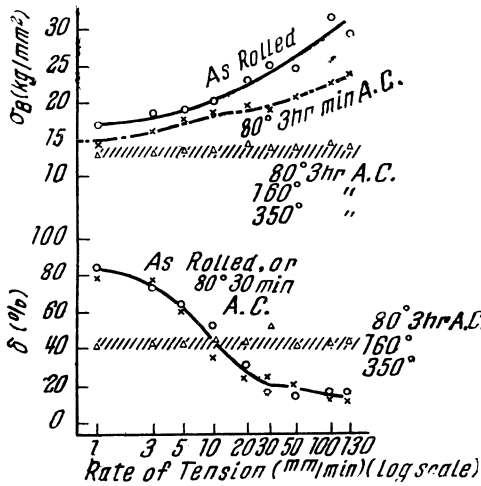


Fig. 5 Influence of Rate of Tension on the Tensile Properties of Zinc Sheets Annealed Variously.

は軟化の進行につれて伸が少くなり高速引張りでは逆に伸が向上してくる事実である。中間の引張速度では伸率の變らぬ所が出来る。種々の軟化處理を施したものの抗張性對引張速度の關係を示した Fig. 5 から80°, 30分以下の軟化とそれ以外の 80, 160 あるいは 350° で 3 時間加熱したもの伸の大小が 10 mm/min の速度を境にして逆の關係になるのが明瞭にみられ、前記の Sachs の實驗の如く壓延材および軟化不充分のものは引張速度の増す程抗張力は大きくなり伸は低下するが、軟化材では引張速度で抗張性が殆んど變化しないことがはつきり認められる。上記の抗張性の變化と亜鉛板の組織變化との關係をみると、抗張性の變化は再結晶の進行と一致している。たとえば 160° の加

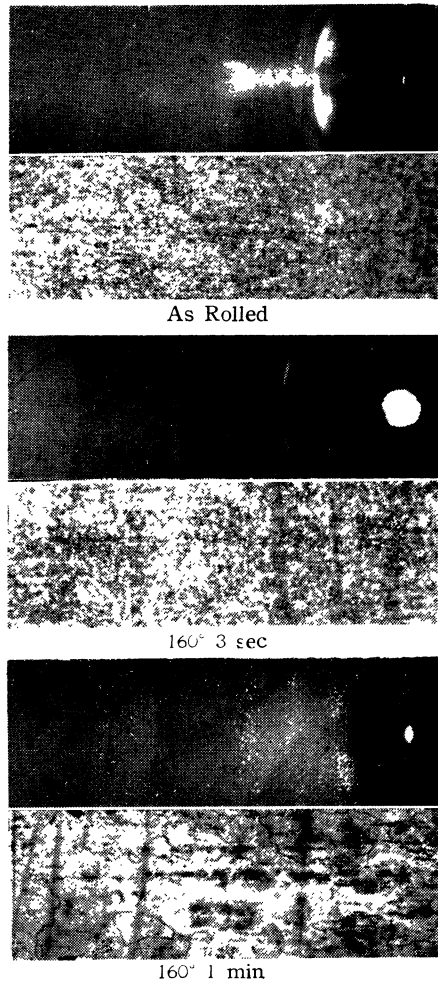


Fig. 6 X Ray Diffraction Patterns and Micro-Photographs of Rolled Zinc Sheets Annealed at 160° for Various Periods

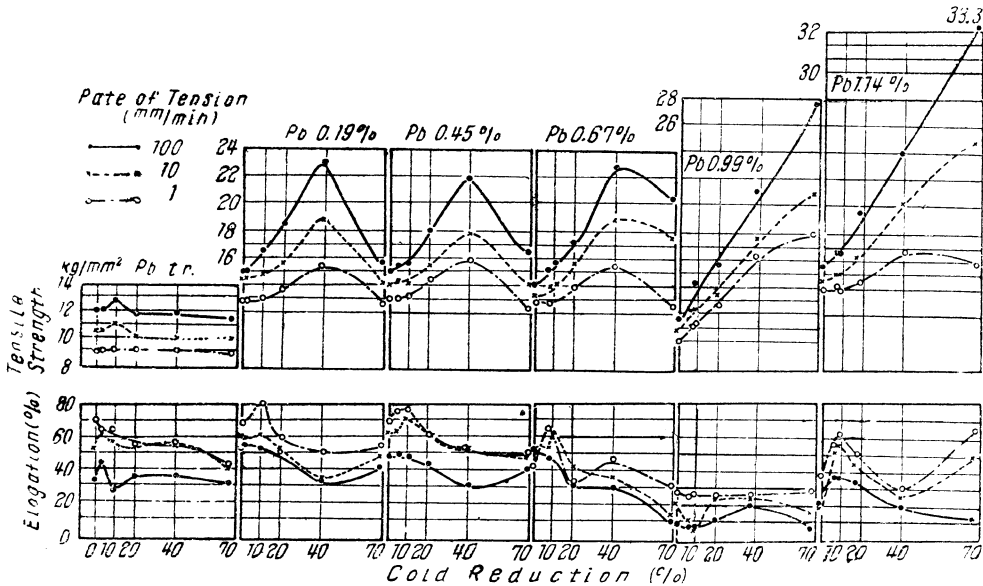


Fig. 7 The Effect of Lead on the Relations among Tensile Properties, Cold Reduction Percentage and Rate of Tension.

熱では約 8 秒で再結晶がほぼ完了の様子がみられた。代表的な X 線のおよび顕微鏡的組織を Fig. 6 に示す。

V. 鉛含有量をかへた場合の實驗

0~1.14% の間で鉛量を異にするものについて壓延度および引張速度をかえた場合の抗張性を確めた。今回の試片

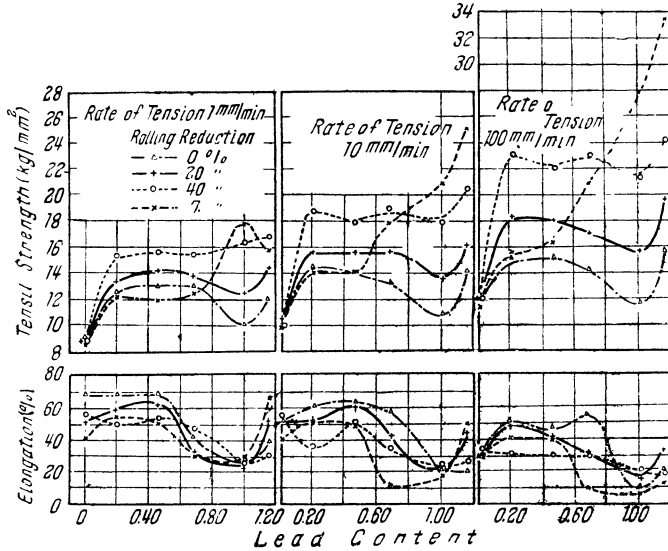


Fig. 8 The Effect of Rate of Tension on the Relation among Lead-Content Rolling Reduction Percentage and Tensile Properties.

は厚さ 20 mm 厚の鑄塊を火延べし數 10% の冷間壓延をもつ 1 mm 厚の板を先づ作りこれを 160° で數時間加熱空冷後 1 pass 毎に 0.05 mm 程度の壓減で 0~70% の壓延を縦方向に施したもので、壓延後引張試験迄は約 10° に 2 週間放置した。引張条件は前項同様であり、試験時の室温は 20~25° であつた。なお試材の成分は鉛以外に Fe tr~0.03, Cd tr~0.15% を含む。試験結果は Fig. 7, 8 に示す如く抗張力は Pb 約 0.2% の所迄急激に増加しその後の變化は少ない。加工度に関してみれば Pb の増加につれ抗張力の最大になる加工度は大きい方へずれ、加工による抗張力の變化は引張速度の大なる程著しい。伸率は概して壓延度の増加につれ低下し、また引張速度の大なる程小さくなり、前述の如き“引張速度の小なるときは加工材の方が軟化材よりも伸が大になる”という現象は鉛量の最も多い 1.14% の場合に少くみられるのみである。これは恐らく壓延条件の相違のために III 節に述べたように壓延材の特性が明瞭にならなかつたものと考えられ、更に強加工の場合あるいは仕上り壓延以前の壓延様式等についてもなお検討の要があるものと思われる。

VI. 少量の Mn と Pb を共有する 亜鉛板について

壓延状態でエリキゼン値や伸率の大きい、Mn 0.35%, Pb 0.79% を含む亜鉛板について軟化温度と引張速度をかえた場合の抗張性を確めた。試材は III 節に記したと同

様にして作った 0.45 mm 厚 (壓延度約 90%) のもので抗張試片は横板である。引張時の室温は 3~12° であつた。常温乃至 400° の各温度に 1 時間加熱空冷の場合の成績を Fig. 9, 10 に示す。Fig. 9 から引張速度の速まるにつれ概して抗張力は増加し伸は低下するが軟化温度の高まるにつれ引張速度對抗張力の曲線において約 100 mm/min

の引張速度の所に山が出来、それ以上の高速ではかえつて急激に抗張力の低下する特異現象のあることが判る。伸に関してはかゝる異常は認められぬ。軟化温度が 400° に達すると引張速度による性能變化はほとんどなくなる。Fig. 10 の軟化温度對抗張性の關係曲線をみてみると軟化温度の高まるにつれ抗張力が増してゆき、一旦山を作つて次いで弱くなるのがみられる。しかもこの山は引張速度の大なる程低温側へずれる。伸は軟化温度の高い程小となつたが引張速度の小さい場合にこの低下は 250° 以上で生じ、引張速度が増すとこの低下開始はもつと低温で生じた。Mn なき場合には前述の如く引張速度が 10 mm/min 迄は軟化温度の上昇と共に伸が減少し、これ以上の速度ではかえつて伸が増加したが、Mn を含む場合このようなことが認められなくなつてしまう。軟化材の顕微鏡組織

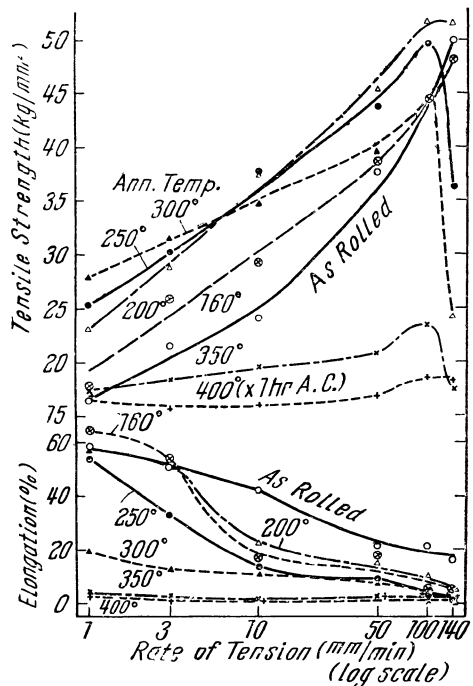


Fig. 9 Effect of Annealing Temperature on the Relation between Rate of Tension and Tensile Properties of Zinc Sheet Containing Small Amount of Lead and Manganese.

をみると 250°, 1 時間加熱のものは壓延材と變らぬ様相を呈し, Mn が再結晶温度を著しく高めておるのが認

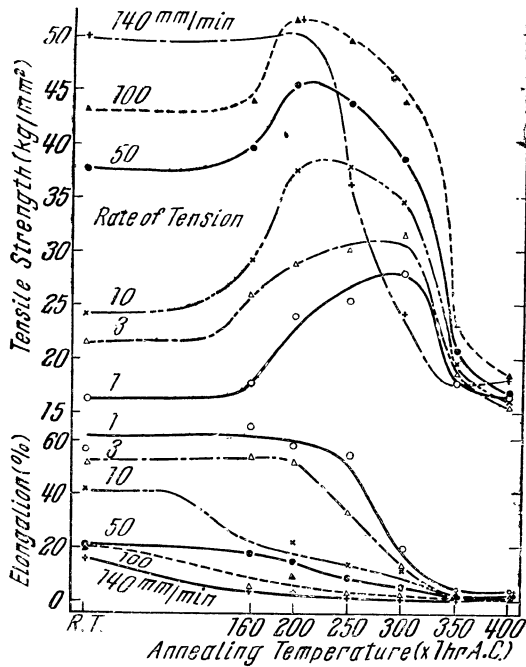


Fig. 10 Effect of Rate of Tension on the Relation between Annealing Temperature and Tensile Properties of Zinc Sheet Containing Small Amount of Lead and Manganese

められた。かかる再結晶温度上昇の効果が抗張性と引張速度の間に大きな影響をもつておるものと思われる。なお抗張力對軟化温度の曲線上の凸部の成因については今後更に検討を要する問題であるが、本合金の焼入あるいは焼入焼戻効果について實驗せる結果は Table 1, 2 の如くであり、これからは單純に焼入なり焼戻の効果となし得がたいように思われる。

Table 1 Relation between Annealing Temperature, Cooling Rate and Tenile Properties of Zinc Sheet Containing Small Amount of Lead and Manganese. (G. L. = 50mm, Rate of Tension 12mm/min, Testing Temp. 16°)

Ann Temp. (× 1hr)	Furnace Cool		Air Cool		Water Quench	
	σ_B kg/mm ²	δ %	σ	δ	σ_B	δ
R. T.	30.0	57	—	—	—	—
160°	31.7	36	31.5	54	31.5	—
200°	33.0	19	33.0	29	33.0	46
250°	31.6	20	32.6	20	33.7	24
300°	27.1	23	30.0	16	26.7	25
350°	23.0	20	24.0	23	24.5	25
400°	11.5	11	10.0	2	10.5	1

Table 2 Effect of Tempering Temperature on Tensile Properties.

Treatment	σ_B kg/mm ²	δ %
360° × 1hr A. C.	23.1	17
360° × 1hr A. C. and 200° × 1hr A. C.	23.8	16
260° × 1 hr A. C. and 250° 1hr A. C.	23.0	15

VII. 結 論

1~140 mm/min の引張速度による抗張性の變化を軟化處理, 含有鉛量, 壓延度等と關係づけて確め, 更に Mn, Pb の少量を共有する亜鉛板についての實驗をも行い, 次の結果を得た。

(1) 少量の Pb を含む約 93 % 以上の壓延度の亜鉛板の加熱による抗張性の變化は引張速度で著しい影響をうける。すなわち抗張力は引張速度の如何を問わず軟化の進行と共に減少したが伸率は急速引張りの場合には軟化の進行と共に増加し低速引張りでは逆に減少する。

(2) Pb 0~1.14 % の亜鉛板の 0~70 % の壓延度のものについて引張度をかえて抗張性を確めた結果, 前記の如き伸率の異常は 1.14 % Pb の 70 % 壓延度のものにかみられなかつた。Pb 量の増加と共に加工度對抗張力の關係曲線上の山は高加工度の方へずれ, 伸率は概して加工度の増加と共に減少した。一般に引張速度の大なる程抗張力大で伸は小であつた。

(3) Mn と Pb を共に含む約 90 % 以上の壓延度の亜鉛板につき軟化温度をかへた場合の抗張性の變化を色々な引張速度の場合について確めた結果, Mn を含まざる場合にみられた伸率に関する異常性は見出せず軟化温度の上昇と共に何れの引張速度においても伸率は減少するのみであつたが, 抗張力に關しては軟化温度對抗張力の關係曲線に 250~300° の所でかなり大きな山が出來, しかもこの山は引張速度の大なる程低温側へずれ, 140 mm/min の急速の所では遂にこの山はなくなると共に, この速度では軟化温度の上昇による抗張力の低下がこれ以上の引張速度の場合よりも著しくなるという極めて面白い結果が得られた。前記の加熱による強度増加の成因は簡單に焼入あるいは焼戻の効果と見做すことは妥當でないらしく, 更に實驗を必要とするようである。なお Mn を含む場合は再結晶温度が著しく高まる事が認められた。

以上の如く亜鉛合金には抗張力, 伸率の引張速度による變化に基だ面白い現象がみられるが, これらの本質についてはなお不明の點も多く更に内部組織の變化の精査と共に壓延條件, 試驗温度の効果等なお検討を要するものと思われる。

擧筆に當り懇篤なる御指導を戴いた小崎正秀博士に深く感謝致します。