

壓延用亜鉛合金の研究

機械的性質及び軟化速度に及ぼす Cr の
影響並びに軟化時の二三の現象に就いて

堀 茂 徳

A Study on the Zinc Alloys for Rolling.

Sigenori HORII

The mechanical properties of zinc may be improved by the addition of aluminium, copper and magnesium. In this investigation, the effect of chromium upon the mechanical properties and the softening rate of the zinc alloys have been studied by means of the tensile strength and the elongation measurement. The results obtained are as follows:—

With the small addition of chromium, the mechanical properties of zinc alloys are not particularly improved, but their softening rate are retarded by the addition of the same element.

I 緒 言

亜鉛の機械的性質は Al, Cu 及び Mg 等を添加すると特に引拔或は深絞用合金として改善されることは多くの報告⁽¹⁾がみられるが、圧延用合金の分野に於いては研究が遅れてをり⁽²⁾報告の数も少い様である。筆者は結晶粒子の微細化、軟化温度の上昇及び機械的性質等を改良せんとしこの種合金に及ぼす Cr の影響を冷間加工及び焼鈍による機械的性質の変化に依つて試験した。次いで軟化の時間曲線を調べ軟化時の二三の現象を観察した。又これ等の合金と比較するために純亜鉛に就いて同様に実験した。

II 試料の作成

合金はクリプトル炉に依り黒鉛坩堝にて全量900gを熔製した。熔融亜鉛に Al, Cu, 母合金 Al—13%Cr及び母合金 Al—3%Mgの順に添加しフラックスとして塩化アンモンを用い、850°に15分間保ち炭素棒にて攪拌を充分に行つた。試料の鑄造は約700°から150°に予熱した8×90×120mm³の板状金型に水平的に鑄込んだ。化学成分は第1表に示す如くである。

鑄造組織を壊し均一質の試料を得んため、250°に於いて厚さ3.9mm(加工度約50%)迄高温圧延を行い、これを150°、150分焼鈍して供試材とした。焼鈍後の機械的性質を示せば第2表の如くである。

試料番号	Al	Cu	Mg	Cr	Zn
A	10,527	0,521	0,001	—	残
B	11,503	0,234	0,001	0,008	〃
C	10,518	0,516	0,001	0,051	〃
D	3,998	0,965	0,004	0,055	〃
E	13,001	1,002	0,004	0,056	〃

第 1 表 化学成分(%)

試料番号	硬 度 V. H. N	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %
A	76.6	33.5	13.7
B	70.1	20.0	6.0
C	79.9	33.8	12.5
D	72.5	29.7	13.3
E	85.0	39.7	10.0
F	35.0	12.5	56.0

第 2 表 焼鈍後の機械的性質

III 実験方法

試料は加工度約30%, 50%及び70%に冷間圧延を行い 夫々の加工度について各々2枚ずつ供試片を採り加工度と抗張力及び延伸率性質との関係を調べた。圧延の際の一回の圧下率は10%以下であった。

次いで50%又は70%冷間加工したものを100°(沸騰水), 150°, 200°(パラフィン)250°及び300°(亜硝酸ソーダ)の恒温槽中で1秒又は1分から軟化が完了するに十分な時間を加熱して氷水中に急冷し可及的速やかに軟化試験を行つた。引張速度は合金試料では1kg/sec, 亜鉛に於いては0.6~0.7kg/secと一定にした。

IV 実験結果

1. 加工度と機械的性質との関係

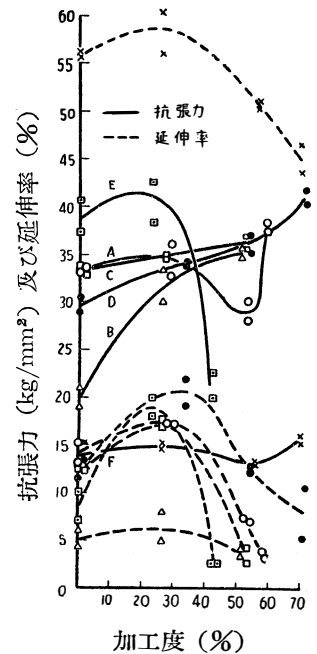
焼鈍後の抗張力及び硬度に就いてみるに第2表の結果から明らかな如く, 亜鉛の性質はAl, Cu及びMg等の合金元素の添加により著しく改善されるが, 延伸率は反対に亜鉛のそれより低減する。試料A及びCに就いてみるとCrの添加は硬度及び抗張力を増すが延伸率を減ずる傾向が認められる。但しこれらの変化は極めて僅少である。試料Bの機械的性質は後述の諸性質と共にA或はCのそれらに比して甚だしく低劣であるがこの理由に就いては明らかでない。

第1図は加工度と抗張力及び延伸率性質の変化との関係を示す。抗張力性質は各試料とも加工度の増加と共に増大を示しているが注意すべきはCrを含有しないA及び亜鉛は加工度50%前後に於いて抗張力の一時的な低下を示すことである。尚Al13%を含むEに於いては加工度42%で急激に低下している。延伸率は各試料とも加工度30%前後で極大を示し, 更に加工度が増すと反対に低下する。この伸びが極大を示す傾向は従来の報告⁽³⁾⁽⁴⁾と定性的には全く一致する。而してこの塑性の顕著な増大は双晶の発生及び繊維構造に基因するものと想われる。

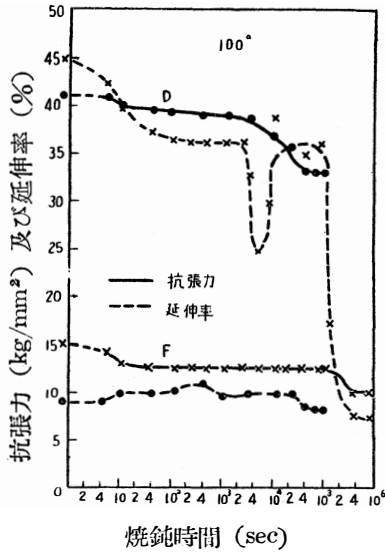
以上の現象から亜鉛合金の機械的性質の改善は加工度30%前後に於いて効果的であると云えよう。次に最終加工度に於ける延伸率を見るにDを除いた他の合金試料は何れも3~4%を示しこの加工度で圧延板の一部又は全面にマクロクラックが生じそれ以上の強加工は不可能であつた。尚試料Eの抗張力が加工度42%で急減しているのは試験片にクラックが含まれたためであらう。依つてこの場合の最終加工度は, 試料A, B及びCの冷間加工度を端的に比較しうる値ともなろう。

2. 軟化試験

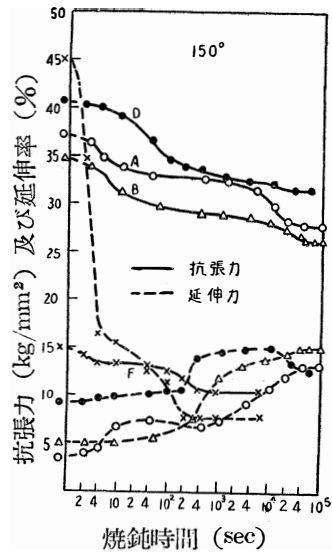
A, B, C, D及びFに就いて加工度が夫々58%51%54%71%及び70%なる試験片を用いて, 引張強さ及び延伸率に依る軟化の時間曲線を求めると第2~5図に示す如くなる。亜鉛に就いては従来の報告⁽⁴⁾と同様に焼鈍に依つて抗張力は低下し, 且つ延伸率も焼鈍時間と共に減少する。又美馬源次郎先生が先に鋼及び銅⁽⁵⁾について認められたと同様に軟化開始の直前に延伸率の一時的な減少がみられた。尚延伸率の軟化完了は抗張力性質の軟化完了よりも常に遅れることは何れの試料についても明瞭に認められる。尚又急激に伸びが増加した後に於ける延伸率の減少する現象も鋼及び銅⁽⁵⁾の場合と同様に認められる。次に軟化完了に要する焼鈍時間の対数と絶対温度で表わした焼鈍温度の逆数と



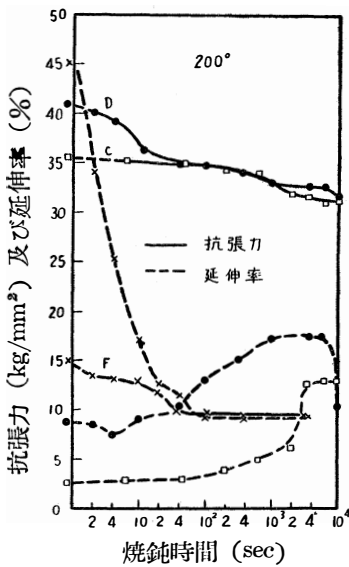
第1図 加工度と機械的性質との関係



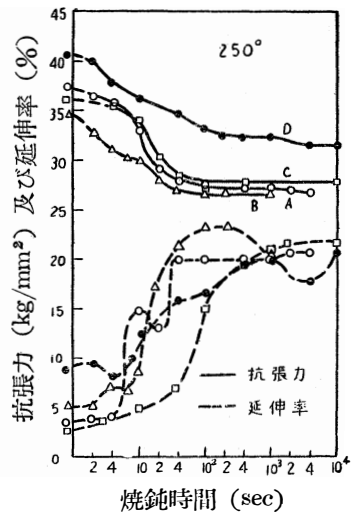
第2図 焼鈍時間と機械的性質との関係



第3図 焼鈍時間と機械的性質との関係



第4図 焼鈍時間と機械的性質との関係



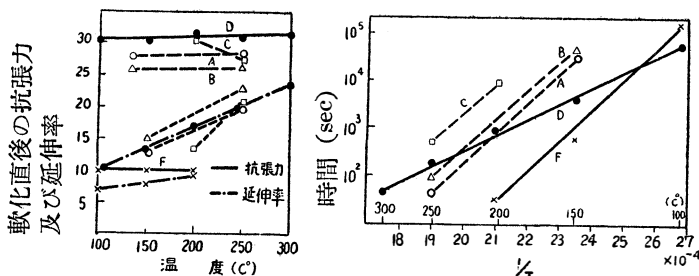
第5図 焼鈍時間と機械的性質との関係

はD及び亜鉛に就いては略々直線関係で表わされる。而して他の試料A, B, 及びCに於いても当然同じ様な関係があるものと考えられるから、これらの関係より軟化に要した活性化エネルギー Q の近似値を計算すると第3表に示す如くなる。軟化(再結晶)完了直後の抗張力は第6図にみられる如くCを除いた他の何れの試料についても加熱温度が高い程極めて僅かに増加する。これは再結晶完了直後の結晶粒子の大きさは加熱温度の高い程僅かに小さいこととよく符号する。このことは銅⁽⁵⁾についても認められたが、従来の再結晶図の記述に依る再結晶粒子の大きさは加熱温度が高い程大きいと云う結果とは反対であり興味ある問題である(この現象の理論的考察は更に実験を重ねた後に譲り度い)。延伸率は焼鈍温度の高い程高くその増加は略々直線的である。これらの現象から加工材の焼鈍に当つて適当な焼鈍温度並びに時間が示唆されるであろう。

試料	Qcal/mol	加工度(%)
A	20000	58
B	22000	51
C	26800	54
D	10200	71
F	18300	70

第3表

軟化に要する活性化エネルギー



第6図 軟化後の機械的性質と焼鈍温度との関係
並びに焼鈍温度と焼鈍時間との関係

次に亜鉛は常温加工に依り或程度の硬化が得られるが、更に強加工を与えると加工中又は加工後に試料の一部又は全面に再結晶が進行する。(6) 本研究での70%加工した亜鉛を高温に焼鈍すると未だ再結晶をしていない部分或は一互再結晶をした後再び加工を受けた部分は再結晶を完了し、更に長時間焼鈍を続けると新たな結晶粒子が現われるもの様であり現象的には抗張力及び延伸率は共に急激に低下し一次再結晶の場合と類同の傾向を示す。この所謂第二次再結晶の現象に就いては最近二三の人々(6)(7)(8)に依つて研究されているがまだその本質は明らかにされていない。これは下部組織とも何等かの関連がある様に想われるがこれに就いては更に研究を進め度いと考へている。而して第3表に示した亜鉛の活性化エネルギーはこの所謂第二次再結晶のQに他ならない。

V 総括

以上の実験からの主なる結果を要約すれば次の如くである。

1. Crは合金の機械的性質を大して改良しない。又Crを含まない合金の抗張力-加工度曲線は加工度30%前後で極大を示し50%前後で極小を示す。更に加工度を大きくすると抗張力は再び増加する。Crを添加した試料ではかかる現象は認められない。
2. Crの添加は該合金の軟化速度を遅らせる又軟化完了に要する時間の対数と絶対温度で表わした焼鈍温度の逆数とは大体直線関係を保ちアーレニウスの関係式を満足する。
3. (2)の結果から求めた活性化エネルギーは10% Alを含む加工度約55%の合金では20000cal/molであるがCrを含むものは27000cal/molで大である。
4. 軟化完了後の抗張力は試料Cを除いた他の何れの試料に就いても焼鈍温度に関係せず殆んど変化なく延伸率は焼鈍温度の高い程直線的に増大する。

本研究に当り終始御懇篤なる御指導と不断の御激励とを賜わつた 阪大教授美馬源次郎先生に対し心からの感謝を捧げるものである。又発表に際し種々御便宜を頂きました上司の方々に深く感謝致します。

文 献

- (1) K. Lohberg, Z. Metallk., 31(1939), 133 ; 31(1939), 279 ; E. Schmid, Z. Metallk., 31(1939), 125 ; J. Raber, E. Schmid, Metal progress, 56(1939), 748
- (2) K. Bayer, Z. Metallk., 31(1939), 264
- (3) E. Schmid, Z. Metallk., 31(1939), 125 ; F. Walbank, Z. Metallk., 33(1940), 249 ; R. Chadwick, J. Inst. Metals, (1933), No. 1, 93
- (4) 例えば A. Burkhardt, Metallwirtsch., 17(1938), 1083

- (5) 美馬, 日本金属学会誌, 8(1944), 635 ; 9(1945), No. 1, 2 P11
- (6) G. Masing, H. Staunau, Z. Metallk., 33(1941), 74 ; 小崎, 荒木田, 扶桑金属, 1 (1949), No1
- (7) G. Masing, Pai-Yen Long, Z. Metallk., 32(1940), 217 ; 和田, 中村, 日本金属学会26年度春季分科会講演
- (8) 第二次再結晶ともコースニングとも云ふ M. L. Kronberg and F. H. Wilton, Trans. AIME., 185(1949), 501