

び、焼戻は550°、600°及び650°Cの3種に夫々1時間行つたのである。之等の組織は大體ソルバイト状のものが主體をなし、之に複炭化物が介在し、時に少量の微細なマルテンサイトを混じたものである。之等試片を夫々500°Cの高温に於て5分間保持引張試験を行つた結果の概要は下表に示す通りである。

焼戻温度 (°C)	550°	600°	658
抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	61.35	65.55	64.80
伸 (%)	—	16.0	20.7

引張試験施行後の顕微鏡組織は焼戻温度に応じて多少の變化が認められるがその度合は焼戻温度の低いものが大きい傾向にある。硬度の變化も亦上記引張試験の結果と概ねよく一致を示している。

次に恒温熱浴処理によるものの結果であるが、この場合には焼入温度を1100°及び1200°Cの2種とし、夫々前者は350°、450°及び600°C、後者は250°、350°及び500°Cの3種の熱浴に1hr.保持したのにつき高温試験を施行した。

斯かる処理を施行した材料は何れも極めて微細なベイナイト組織を呈し、その間微小な複炭化物が散在し、普通焼入焼戻の場合に比し、一般に靱性の強化を示して居るのであるが高温試験の結果は概ね下表の通りである。

1100°Cの場合

熱浴温度 (°C)	350°	450°	600°
抗張力(kg/mm <sup>2</sup> )	76.0	67.4	82.5
伸 (φ)	35.0	33.5	20.0

1200°Cの場合

熱浴温度 (°C)	250°	350°	500°
抗張力(kg/mm <sup>2</sup> )	87.6	45.0	110.0
伸 (%)	19.0	53.1	4.0

即ちこの場合には処理熱浴温度によつて可成り著しい差異が認められるが、概して1100°C焼入の場合の方が1200°C焼入の場合に比して何れの処理熱浴温度に於ても抗張力の割合に伸が比較的多い傾向を示して居る。

何れにしても常温で秀れた性質を示した恒温熱浴処理材が高温試験に於ても普通焼入焼戻法に比して一般に優れた結果を與へることが概略明かとなつた次第である。

高温試験後の顕微鏡組織並に硬度も上記引張試験結果と概ね一致を示して居る。

尙目下之等高温曝露の温度と時間が抗張力、顕微鏡組織並に硬度等に及ぼす影響等について研究中である。

#### IV. 結 言

バネ材料として特に高温用のものとしてダイス鋼について前回に引續き今回は高温變態處理、高温抗張、其後の硬度、顕微鏡等の諸性質を調査した結果恒温變態處理を施行したものの中には常温の場合と同様高温試験に於ても概して良好と認められる成績を示したものがあつたので、更に疲勞其の他の諸試験によつて其の性能を確認の豫定である。

### (35) ばね鋼 (Sup 6) に及ぼす Cu の 影 響 (II)

新理研工業株式會社 小平俊雄  
○安田洋一

#### I. 緒 言

第1報に引續き、自動車用ばねに廣く用いられている Sup 6 について、同じ製鋼履歴、同一化學成分を持ち Cu のみを0.2~1.0%の間に變化させた試料について熱間引張試験、變形抵抗の測定及平鋼の繰返し曲げ試験を行つた結果について報告する。

鋼塊の化學成分は第1表の通りで、試料は16φの棒鋼及び8×63.5の平鋼に壓延したものから採取した。

第1表 試料の化學成分

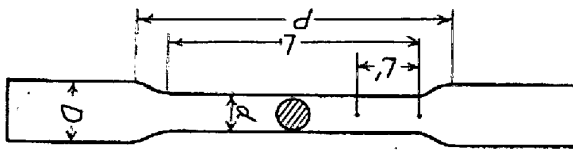
C	Si	Mn	P	S					
0.62	1.57	0.79	0.021	0.020					
Cu									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.18	0.28	0.39	0.50	0.62	0.68	0.75	0.80	0.87	1.02

#### II. 熱 間 引 張 試

No. 6 を除く9鋼種に付、100°Cより900°C迄は100°C置きの温度の他、變態點に近い750°Cを加えて合計10ヶ所の温度に於いて引張試験を行つた。

試験片は、16mmφの壓延棒鋼を850°Cで焼準の後第1圖及第2表の寸法に削り出したものを使用し、荷重能力10tのアムスラー試験機のチャック間に取付けた儘、ニクロム線管状爐を用いて加熱し、所定温度に15分保持した後引張つた。測温は爐の胴部を貫通した熱電對端を試験片に接觸せしめて行つた。

尙熱間引張試験に於ては、引張の速度が成績に影響するので、試験機のバルブの開度によつて調節し、毎分の

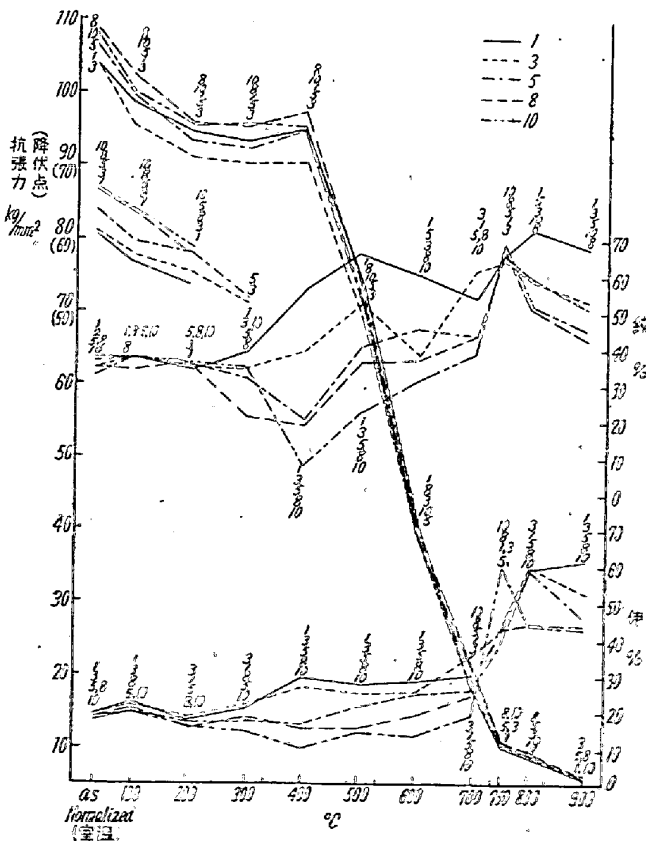


第1圖

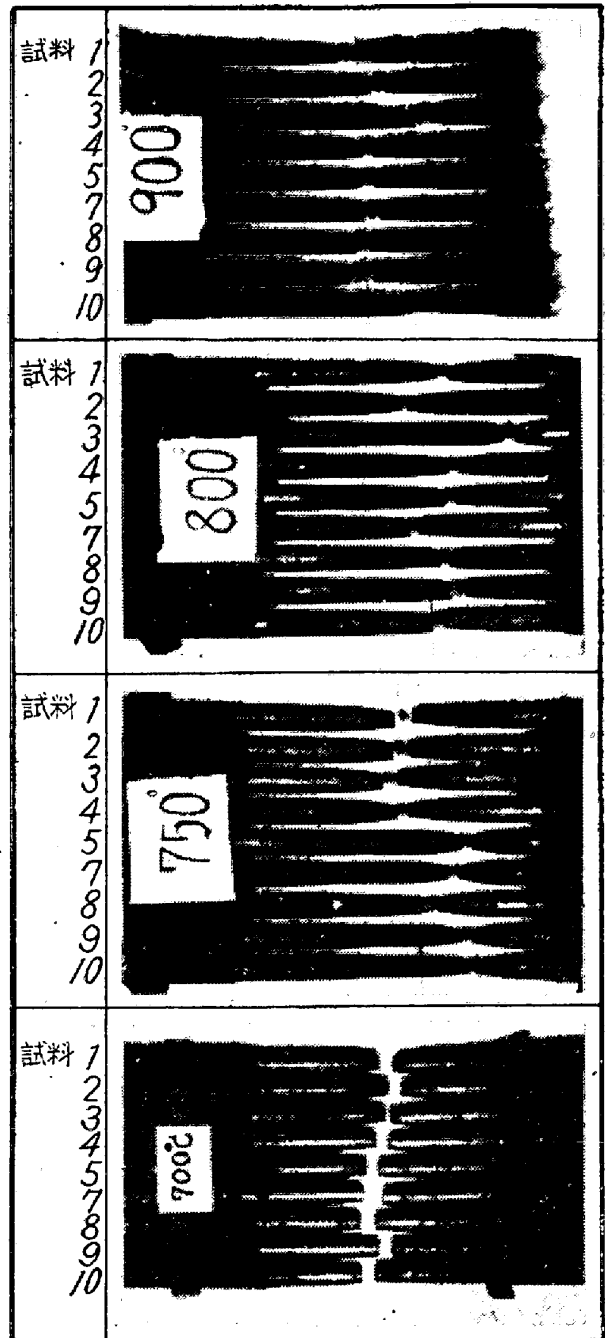
第2表 試験片の寸法表

試験温度	D	d	P	L	L'	標點距離
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
900 ~600°C	16	14	120	100	25	50
500 ~400°C	16	10	100	72	18	36
300 ~100°C	16	8	85	56.8	14.2	28.4

ベッドの移動の速度を 20mm に保つ様に注意して行つた。試験成績の内 No. 1, 3, 5, 8 及 10 についての抗張力、伸、絞を第2圖に示し、又 700°C, 750°C, 800°C 及 900°C に於ける試験片の切斷状況を第3圖(写真)に示す。尙第2圖に於ける左端の燒準状態の値は第1報に報告したものをを用いてある。此の試験成績から得られる結論は次の如くである。抗張力は常温より 400°C 迄は緩かに小さくなり、300~400°C で稍上昇し、400°C より 750°C 迄は急速に直線的に減少して約 10kg/mm<sup>2</sup> とな



第2圖



第3圖

り、變態點以上では再び下り方が緩かとなつて、900°C で約 7kg/mm<sup>2</sup> となる。常温から 400°C 迄は、Cu の多い程幾分強度が大きい傾向があるが、概して抗張力に於ては Cu の影響は明瞭に現われていない。

降伏點は 200°C 以下の低温部に於てのみ測定されるが、高温では認められない。伸及絞りについては、常温より 200°C 迄は Cu の影響が殆どなく、300°C~700°C では若干のバラッキはあるが、Cu による靱性の低下がかなり明瞭に認められ、Cu 最低の No. 1 と最大の No. 10 を比較すれば、400°C では伸は 63% 減、絞は 86% 減、700°C では伸は 37% 減、絞りは 29%

減となつている。

然るに變態點に近い 750°C では、此の状況が一變し伸、絞共に急に増大するが Cu の影響は極めて不明瞭となる。更に 800°C 及 900°C では Cu の多いもの程、伸、絞の小さい傾向が見られる。尙 750°C 及 800°C の場合には最も温度の高い中央部よりも両端に近い部分が細く絞られて、その何れかの部分で切斷し所謂端切（ハシギレ）の現象を呈する。此れは軟鋼に於ても見られる現象であつて、變態點直上の  $\gamma$  領域では變態點直下の  $\alpha$  領域に於ける場合よりも抗張力が大きい爲と考へられる。又第 1 報に述べた如く、Sup 6 の變態點は Cu が增加するにつれて降下するが、第 3 圖(寫眞)に於ける端切の有無及兩收縮部の距離の變化は此れによるものである。

端切の現象は變態點附近の他、高 Cu のものについては、300°C に於ても起る。此れは第 2 圖に於ても見られる如く 300°C 附近は抗張力は谷となり、伸、絞も高 Cu のものに於ては 200°C よりも低下の傾向にある。従つて變態點附近に於けると同じく端切現象があらわれるので今回の實驗では 300°C の場合は試験片中央を爐の下部に置いて引張つた。従つて切斷場所の温度は 300°C より低い筈であるが、第 2 圖に於ては便宜上 300°C の位置に記入してある。端切を生じた場合には抗張力及絞りは試験温度よりも、低温の場合の値を示す筈であり、伸については爐内温度分布と關連して、複雑な結果となる。

900°C の切斷狀況を詳細に見ると切斷部附近に多くの輪狀の割目を生じ、且つ此れは試験片製作時のバイト目の著しいものに多い。又本實驗の結果では、高 Cu のものに期待される析出硬化の現象は認められない。

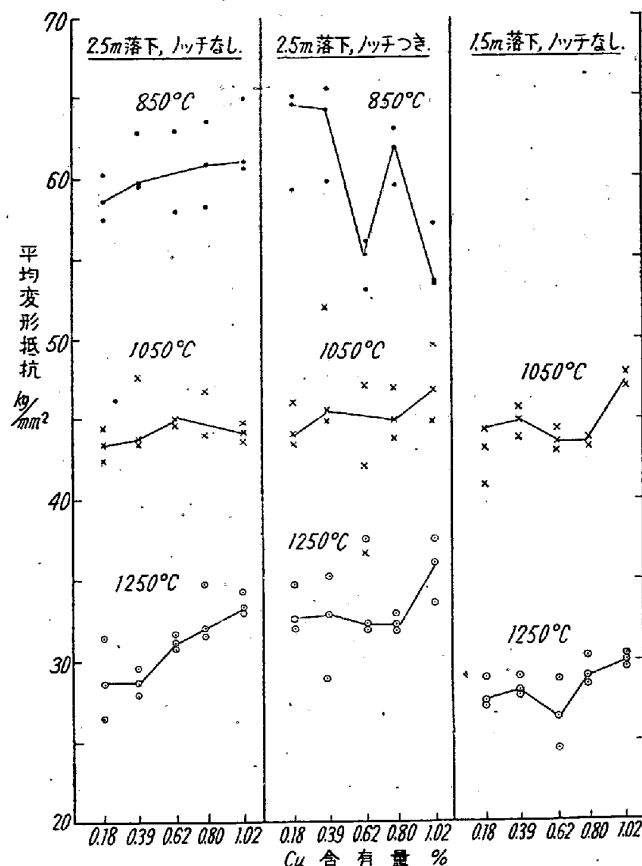
### III. 熱間變形抵抗比較試驗

變形抵抗の測定は、重量 11.080kg の重錘を 2.5m 及 1.5m の高さから落下せしめる落錘試驗法によつた。試験片は 10φ×10mm 及此れに深さ及幅各 2mm の V 型ノッチを 90°C の間隔を置いて 4ヶ所縦方向に入れたものを用い、試験片の壓縮前後の高さを夫々  $H_1, H_2$ 、體積を  $V$  (試験前後に變化なきものとする)、全仕事量を  $W$  として平均の變形抵抗  $K_{fm}$  を次式によつて求めた。

$$W = - \int_{H_1}^{H_2} V K_{fm} \frac{dH}{H} = - V K_{fm} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dH}{H}$$

試験片は空氣浴爐を用いて 850°C, 1050°C, 1250°C に加熱、5 分間保持した後、2 秒以内に試験を行つた、

試験回数は各 3 回とし、測定された各温度に於ける變形抵抗と Cu 量との關係を第 4 圖に示す。尙壓縮の際、特にノッチを附したのものについては龜裂の發生を豫想したが、實際には全然見られなかつた。



第 4 圖

第 4 圖に見られる如く變形抵抗は Cu 含有量と共に僅に増加する傾向にあるが、測定値のバラッキも多いので顯著ではなく、又試験片に於けるノッチの有無及變形の爲に興えた全エネルギーの相違による變形抵抗の變化も認め難い。先に報告した熱間衝撃試験では、Cu の多い程衝撃値即ち、試験片の破壊及變形に要するエネルギーが小さくなつて居り、今回の結果と矛盾する如く見える。しかし熱間衝撃試験では大部分が試験片の破壊を起して居るに對し、落錘試験では龜裂即ち破壊には至つて居ない。一方熱間引張試験の結果では、900°C 附近の抗張力は各鋼種殆ど等しいのに對し、延伸率は Cu の多い程小さく、従つて熱間引張による破壊のエネルギーは、Cu の多い程小さいと考えられる。

此等の關係を考へあわせると破壊を起さぬ範圍の塑性變形に對しては Cu は僅か乍ら抵抗を増すが、塑性域を小さくするので破壊に要するエネルギーは Cu によつて小さくなると考えられ、熱間衝撃試験に於ても變形の少

ない破壊をしている 700°~800°C 間では破壊エネルギーがCuによつて著しく低下しているが、塑性變形を伴つて 850°~1,000°C では變形に要するエネルギーが逆にCuによつて若干増加するので、補償される事となり、Cuによる衝撃値の差が少なくなつていゝのであろう。

IV. 繰返曲げ試験

Sup 6系の平鋼を使用する板バネは繰返曲げの應力を受けて疲勞によつて折損するので、此の耐久限に及ぼすCuの影響を見る爲、バネ製造の場合と同様の工程を經にリーフを作り繰返曲げ試験を行つた。

試験機及試験片の條件は次の通りである。

試験機：最大荷重 5t, 繰返速度 96 回/分

支持點距離 500mm

試験片：鋼種 No. 1, 2, 3, 6, 及び 10

寸法 8×63.5×550

熱處理 焼入 840°C×20分油冷

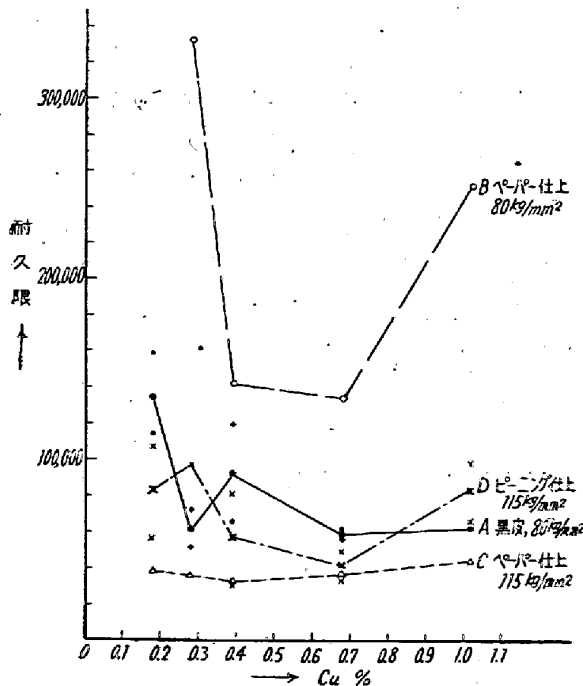
焼戻 480~500°C×60分油冷

硬 度 BHN 370~388

表面狀況及應力,

- A) 黒皮の儘 0←→80kgmm<sup>2</sup>
- B) エメリーペーパーで磨いたもの 0←→80 "
- C) エメリーペーパーで磨いたもの 24←→115 "
- D) ショットピーニングを施したものを24←→115 "

試験結果を第5圖に示す。



第 5 圖

A及Bについては各鋼種2枚宛行つたが、夫々の値はかなりバラツキがあるが、破面狀況等から見て、明かに表面疵の成長によつて早期に折損したと思われるものは除外して平均値を求めて描いた。

これによれば、表面處理が耐久限に著しい影響を及ぼす事が認められ、黒皮の儘では最も弱くペーパー仕上でも黒皮に比しては著しく壽命を延長し、ショットピーニングは更に有効である。

又Cuの影響はバラツキが著しいので明瞭ではないがCuの最も少ないものから漸次耐久限が低下し、Cu 1.02%に於ては再び上昇している傾向が認められる。此の上昇は恐らく第1報で述べた如く、Cuが焼入硬化能を増すので、リーフ内部迄十分焼が入る事によるものではないかと推測される。但し實際的にはCuは0.35%以下であるから、此の程度に於いては矢張Cuの少ない程耐久限に於いても優れているものと考えて良い。

(36) 高温酸化せる鋼中の銅の舉動

工業技術院機械試験所 工博 三 橋 鐵太郎

” 工 上 野 學

” 工〇 細 井 祐 三

I. 緒 論

周知の如く鐵鋼中にCuが含有されると、その多少に應じ種々の影響を與える。我國鐵鑛石中に含銅量多く又最近の様に鐵鑛資源として硫酸滓を用いるようになるとそれ等を原料とした銑鐵及鋼中にはCuが含有されてそれが鋼に與える有害性が問題となる。Cuの有害性のうち特に重要な點は熱間加工後に冷間加工する際に發生する龜裂との關係であるから考察を特にこの點に集中した。

しかもその有害性の限界については研究者に依り一定せず従來の結果よりみれば許容されるCu含有量の範圍は大體0.3%から4.5%にわたつてゐる。例へば小平氏によれば軟鋼にて管引抜の場合はCu 0.3%ですでにひび割れが認められることが報告され又 Clevenger, Rax氏等は鍛造の場合 0.5~0.6% Cの鋼ではCu 4.5%に至り脆性が現われ始めると言われている。一方この脆性又はひび割れはCu%のみならずC%及び加工溫度加工雰囲気の性質にも左右されると報告されている。

そこで筆者等は、鋼の熱間加工時に於けるCuの影響につき検討するため、鋼を高温酸化の雰囲気中にさらし鋼中Cuの舉動を見た。即ち高温酸化せる鋼の引張り試験