ブルーイング, P-エイジング, S-エイジング

Blueing, P-aging, S-aging

富 田 勝 信*

Katsunobu TOMITA

1. 常温で成形されるいわゆる冷間成形ばねの製造においては、一般的にばね成形後わりに低い温度であるが一定時間加熱する作業がある。この温度、時間その他は、ばね材料の種類およびばねの使用目的によって異なるのは当然である。

歴史的にも古く、かつ現在においても最も広く使用されているピアノ線、硬鋼線などの線引加工線の場合には350°C前後（特に、高い弾性限を期待するばねの場合には200°C前後の温度を用いることがある）の加熱を行うのが普通である。この作業のことをブルーイング（blueing）と呼んでいる。これは後に述べるようにピアノ線、硬鋼線の如く表面のきれいな鋼を350°C前後に10～20分加熱すると美しい青紫色を呈することから来た言葉であろう。

この作業の期待している効果には次の三つがある。

A. 線の種々の機械的性質、物理的性質の改善

冷間加工材に適当な温度、時間の加熱を行うと、弾性限、弾性率、疲れ強さが改善され、かつ疲労変形し難くなる。これは一般的にいわれている歪時効（Strain aging）の一つを期待しているのである。ばねとしてはこの点が最も大切な処である。この効果を発揮するためには、線の内部まで充分加熱の効果を及ぼすべきであって、適切な加熱温度は勿論のこと充分なる加熱時間が必要である。

B. 線の防錆効果の向上

冷間加工線のままではきれいな金属面が表面に露出しているためにさび易い。従って加熱することによって線の表面にち密な酸化鉄の薄膜を作り防錆効果を期待するのである。この場合には加熱温度、加熱時間の影響は勿論であるが加熱雰囲気中の活性酸素量が大きい影響を与え、かつ線の表面の化学現象であるため線の中心まで加熱する必要がない。

C. 線の美観

加熱温度、加熱時間、加熱雰囲気によって種々の組成の酸化鉄の薄膜が出来、その干渉色によって黄色内至青紫色の異なった美しい色を呈する。この美しい色合を期待するのであるから、前述のBの方法と全く同一の注意でその効果が期待できる。

以上三つの異なった目的があるので、期待する効果によってその適切な方法を選ぶのが本筋であろう。しかし一般的にピアノ線、硬鋼線の場合には、この三つの方法の温度が350°C前後が多く、たまたま青色を呈するのである。このことからブルーイングという言葉がこの三つの意味を含めて用いられているのであろう。しかし、前述したように高弾性限を期待する200°C前後の加熱の際にはblueならずyellowである。

なお、薄板、ぜんまいでは前記B、Cの目的のための作業を行うことが多いが、その場合には「色出し」あるいは「色付け」と呼ばれている。

2. 私としては、これらは期待する効果の異なる方法であるから、その期待する効果によって作業名称を決めておくことが色々の点で便利であり、混乱を起こさないであろうと考えていた。従って戦時中および戦後のある時期まではAの目的に沿うた場合には「低温加熱」、もっと具体的には「200°C加熱」、「350°C加熱」という言葉を用いていた。しかし低温加熱は動作であって目的を示していないので、いかにも苦しい言葉であった。

当用漢字、仮名づかいの徹底化に従い、鉄鋼の熱処理界においては、焼入、焼戻、焼準、焼鈍、低温焼鈍、中間焼鈍などの使いなれた言葉がなくなり、焼入れ、焼もどし、焼ならし、焼なまし、低温焼なまし、中間焼なましなどの言葉を使うことになった。私は早速前述のAの目的に沿うた「低温加熱」を「低温焼鈍」という言葉に切りかえて今日に到っている。しかしこの言葉には現在の低温焼なましのイメージがあり、誤解を招き易いし、異論が出るのは当然であろう。

* 鉄道技術研究所 金属材料研究室

3. 最近ステンレス鋼線がばね用として非常に多く使われるようになって来た。この場合前述のピアノ線などの加熱の中、Aの目的に相当する温度として400~450°Cが使われている。しかしこの場合には、色は blue でなくて yellow である。

また最近 JIS 化された各種のばね用のオイルテンパー線は線製造の最終工程で連続的に焼入れ、焼もどしを施されているので、その後の加熱によって歪時効は起らない。しかしこの線を用いてばねに成形する際には相当大きな冷間加工が施される。従ってばね成形後に 350~400°C で加熱される。この作業も程度は軽い、歪時効の一つである。しかし線表面がすでに焼もどされた肌をしているため、加熱しても色がつかない。

また一方非鉄線の中、リン青銅、洋白、黄銅などの冷間加工材の場合、ピアノ線のAの目的と同様なことを期待する加熱方法として「低温加熱」という言葉が用いられていたが最近ではやはり「低温焼鈍」が多く使われている現状である。

4. 最近需要が急激に伸びて来たばね用材料が 2. 3 ある。その一つは古くから使用されていたベリリウム銅の系統の材料であり、他は 17-7pH ステンレス鋼がその代表的なものであるがいわゆる析出硬化型のステンレス鋼である。この両者はいずれも、予め溶体化処理を行って、材料を軟かくした状態でばねに成形し最後に低温で長い時間加熱して析出時効をさせて硬くし、ばねとしての機能を発揮させる材料である。これはピアノ線などの熱処理とおもむきを異にし、「析出時効」あるいは「時効硬化」という言葉を用いて区別している。しかしこの言葉は現場的には使い難い言葉であろう。

5. これらの冷間成形コイルばねの熱処理法の名称を年代順に僅かな資料ながら集めて見ると附表のとおりであり、その変せんの様子がよく判る。すなわち、昔はピアノ線・硬鋼線とリン青銅線が主なばね材料であって、その熱処理法の名称も、低温焼戻、歪取り、低温加熱、ブルーイング、低温焼ナマシと変り、ステンレス鋼、オイルテンパー線その他の材料が広く使われるようになって低温焼鈍、低温焼鈍硬化などの名称が出て来ている。その熱処理の目的はおおむね前出のAの意味を含んでいる。

また外国においても種々の変せんがあった様で、英国においては BS 1726 : 1951 の中に Guide to the method of specifying helical compression springs で次の様に定義している。

Blueing : The heating of a steel spring to between 150°C and 450°C and allowing to cool. This is a stress relieving operation on springs made from hard drawn patented wire.

これは13年前のことであり明らかにピアノ線、硬鋼線などのパテンケング処理後冷間伸線した鋼線で作られたばねのみを対象としており、その他の線については触れていない。

しかし同最新版では次の様に定義している。

Stress relieving : A low temperature heat treatment in the range 150 to 450°C for the relief of stresses induced during manufacture.

明らかにステンレス鋼線やオイルテンパー線のばねを含めて考へている様子がうかがえる。

米国においても low-temperature anneal, drawing, blue, blueing などの言葉が見え、この他に tempering, baking, stress relieving, seasoning, annealing, stress equalizing などがあるが明瞭に使い分けをしているのか判らない。ただ SMA の Standards for Mechanical Springs (1949) の Glossary of spring maker's terms では次の様に定義している。

Strain relieve : To subject springs to a low temperature heat treatment after coiling to remove coiling stress. Also called "Stress relieve", and "blue".

最近では Metals Handbook 1961 に次の様に各言葉の定義をしており、大分はっきりしてきている。

Stress relieving : Heating to a suitable temperature, holding long enough to reduce residual stresses and then cooling slowly enough to minimize the development of new residual stresses.

Bluing : Subjecting the scale-free surface of a ferrous alloy to the action of air, steam or other agents at a suitable temperature, thus forming a thin blue film of oxide and improving the appearance and resistance to corrosion.

Note. This term is ordinarily applied to sheet, strip, or finished parts. It is used also to denote the heating of springs after fabrication in order to improve their properties.

Coloring : Producing desired colors on metal by a chemical or electro-chemical reaction.

Strain aging : Aging induced by cold working.

附 表 1

出典	ピアノ線・硬鋼線	オイルテンパー線	ステンレス鋼線	リン青銅
1931 ばね (服部宗三)	低温焼戻			低温焼戻
1938 車両用ばね (岩田有共)	歪取り			
1951 鋼の熱処理と作業標準				
1952 金属便覧	低温加熱			低温加熱
1953 リン青銅線 JIS H 3751				なし
1953 バネ用リン青銅板 JIS H 3732				低温焼ナマシ
1956 黄銅線 JIS H 3521				
1957 バネ用リン青銅板 JIS H 3732				低温焼ナマシ
1957 バネ用洋白板 JIS H 3702				
1957 ピアノ線 JIS H 3522	低温焼鈍			
1957 鋼の熱処理と作業標準				
1958 硬鋼線 JIS G 3521	なし			
1959 黄銅板 JIS H 3220				
1959 ステンレス鋼線 JIS G 4309			なし	
1959 ばね用語 JIS G 0103				
1959 ばね (日本バネ協会)	低温(一部ブルー焼鈍(ブルーイング))	低温(一部ブルー焼鈍(ブルーイング))	低温焼鈍	低温焼鈍
1960 金属便覧	ブルーイング	ブルーイング		低温焼鈍硬化
1961 冷間成形コイルばね JIS B 2703	低温焼なまし			低温焼なまし
1961 金属熱処理技術便覧	ブルーイング (Blueing)			
1962 機器用ばね材料 (坂本光雄)	低温焼戻し硬化		低温焼鈍	低温焼鈍
1963 バネ用リン青銅板 JIS H 3732				低温焼ナマシ
1963 バネ用洋白板 JIS H 3702				
1963 リン青銅線 JIS H 3751				なし
1963 各種オイルテンパー線 JIS G 3560・61・65		低温焼鈍		
1963 ばねの設計 (ばね技術研究会)	ブルーイング (低温焼鈍)	ブルーイング (低温焼鈍)	ブルーイング (低温焼鈍)	ブルーイング (低温焼鈍)

附 表 2

出 典	music wire	hard drawn wire	18-8 stainless steel
A. 1939 Metals Handbook	low temperature anneal 163~190°	low temperature anneal 230~315°	
			drawing 400°C
A. 1949 Standards for mechanical springs(Spring Manufacture Association)			
A. 1949 Mechanical Spring (Wahl)	low temperature heat treatment (blueing treatment) 260°C×15~60′		
		thermal treatment	stress relieving heat treatment 400°C×15~60′
A. 1951 The Making, Shaping and Treating of Steel			
E. 1951 The design and specifica- tion of coil springs BS 1726	blueing	blueing	
E. 1961 D. T. D. 5B Ministry of Aviation Aircraft Material Specifica- tion carbon steel wire and springs (hard drawn)suitable for engine valve springs		be tempered 200~300°C×30′	
E. 1961 D. T. D. 215A 同上 not suitable for engine valve springs		be tempered 200~300°C×30′	
E. 1961 D. T. D. 5006 同上 cold drawn austenitic Cr-Ni steel wi- re and springs			be tempered 250~500°C×30′
E. 1961 D. E. F. 106 Defence Specification special first qu- ality hard drawn steel spring wire		low temperature heat treatment	
A. 1961 Metals Handbook	stress relieving 230~260°C	stress relieving 230~288°C	stress relieving 427~454°C
F. 1963 P C 鋼 線			
E. 1964 The design and specifica- tion of coil springs BS 1726			
E. 1964 The Spring Manufacture Research Association (Notes on some factors relating to spring mater- ials, design and manufacture)	stress relieving by low temperature heat treatment		
	250~275°C×30′ 325~350°C×30′	250~275°C×30′ 325~350°C×30′	425~475°C×60~120′ 450~500°C×60~120′

この外 1939 Metals Handbook に
phosphor bronze sheet
Be - Cu
cold rolled and oil-tempered flat sheet

annealing
quenching, reheating
short tempering 205~315°C relieving formig strain

oil-tempered wire	cold coil spring	註
low temperature anneal 230~315°C		relieving coiling strains, increase elastic limit of spring, increase its resistance to permanent deformation
		improve ductility
	strain relieve (stress relieve, blue)	remove coiling stress
thermal treatment 260~280°C×30'		remove coiling stress
		—
	blueing (spring term)	relieve the cold working strains created by coiling and forming (should not be confused with colour bluing)
		a stress relieving operation
		to give the tensile strength specified
		to give the tensile strength specified
		develop the optimum properties
stress relieving 230~400°C		stress relieving after coiling (not valid for stress relieving after shot peening)
		Vieicillissement (aging)
	stress relieving	relief of stresses induced during manufactme
400~425°C×30' 400~425°C×30'		elevate the elastic limit by relieving micro-stress induced during coiling. improve the resistance of the spring to stress-relation when it is operating at elevated temperature

なおばね用ではないが、PC 鋼線の低温加熱は前出の A の目的に近いことをねらっているのであるが、仏国では Vieillessement といているとのことであり、これは aging または age hardening を意味している。

独国、仏国、ソ連などの言葉を調査して頂けると幸いである。

6. 此処で、これらの目的の異なった（たまたま加熱温度、加熱時間などが近いまたは一致しているために方法としては同一作業に見えるが）熱処理方法を目的別にはっきり区別することは混乱を起こさないために必要なことであろう。しかし現場で使い易い言葉は自然に生まれてくるものであって強制するものでないことは良く判っている処であるが、出来るならば統一したいし、統一するなら出来るだけ早い方がよいことは解って頂けると思う。多くの提案がされることを希望する。

この際、このささやかな気持ちから一つの提案をしておきたい。

すなわち、1 項中の A に相当する方法は歪時効が目的であるから、strain aging を略して、S-エイジング (S-

aging, 歪時効) と呼び、4 項の方法は析出時効が目的であるから Precipitation aging を略して、P-エイジング (P-aging, 析出時効) と呼んだらいかがであろう。

1 項中の B, C はカラリングまたは ブルーイング (色出し, 色付け) がよいであろう。

ブルーイング:

表面のきれいな鋼を低温で加熱して、表面にち密な酸化鉄薄膜を作り、防錆効果を期待すると同時に好ましい色合を出し美観を期待する作業をいう。

P-エイジング:

析出硬化型のばね用金属材料で予め溶体化処理を施してあるものを冷間でばねに成形後、低温で加熱して、析出により硬化することを期待する作業をいう。

S-エイジング:

冷間加工されたばね用金属材料または冷間で成形されたばねを低温で加熱し、材料の歪時効により、機械的性質、物理的性質の改善を期待する作業をいう。