

第8回 低温焼なまし

日本発条(株) 高村 典利

冷間成形ばねでは、成形加工によりばねに残留ひずみ(残留応力)が生じ、ばねの弾性限低下、疲れ強さ低下、形状変化等のばねの特性が悪化する。この残留ひずみを除去する目的で行う熱処理を、一般に低温焼なましと称している。熱処理の温度は200~450℃と比較的低温で組織変化を伴わない。英語ではこの処理を文字どおりストレスリリーフ(stress relief)と呼ぶ。

(1) 低温焼なましの材料機械的特性への影響

ピアノ線、硬鋼線、ステンレス線などの大きな加工度の伸線加工を受け加工ひずみが残存している材料は、低温焼なましにより機械的性質の改善を図ることができる。

図1-1、図1-2に低温焼なまし温度と機械的特性の関係を示す。ピアノ線、硬鋼線では200~300℃、SUS304ステンレス線では350~450℃の熱処理を行うことで、さらに高い弾性限が得られる。

(2) 低温焼なましによる残留応力変化

コイルばねを冷間で成形するとコイル内径側に引張りの残留応力が発生する。この残留応力は、とくに疲れ特性に悪影響を与えるため除去する必要がある。低温焼なまし条件と残留応力の関係の一例を図2に示す。

残留応力を除去するには、材料強度を低下させない上限の温度で低温焼なましを行ったほうがよい。それよりも高い温度で処理すると材料が軟化し、逆に疲れ強さ、耐へたり性が低下する。処理時間については、図2からも30分程度で充分と言える。

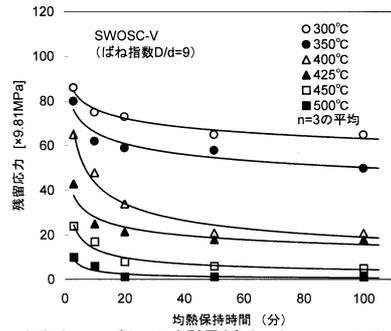


図2 SWOSC-Vばねの低温焼なましによる残留応力の変化(ショットピーニングなし)

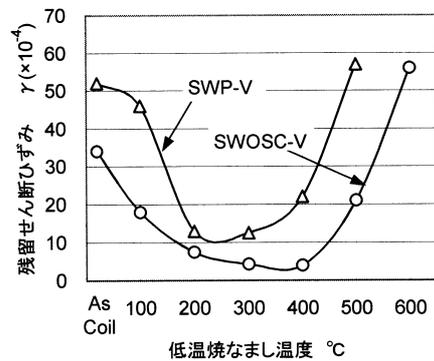


図3 低温焼なまし温度と耐へたり性

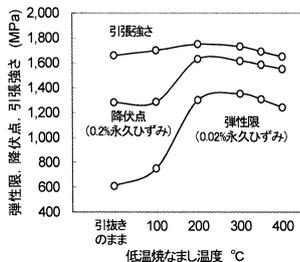


図1-1 硬鋼線(SW-Cφ4.0)の低温焼なまし特性

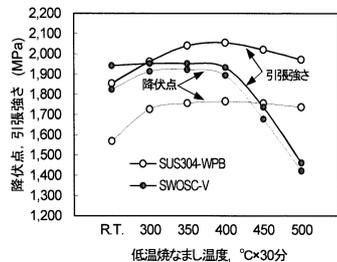


図1-2 ステンレス鋼線(SUS304-WPB φ2.0), オイルテンパー線(SWOSC-V φ4.0)の低温焼なまし特性

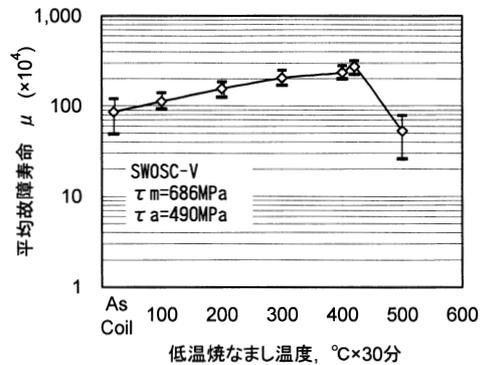


図4 SWOSC-Vばねの疲れ特性(ショットピーニングあり)

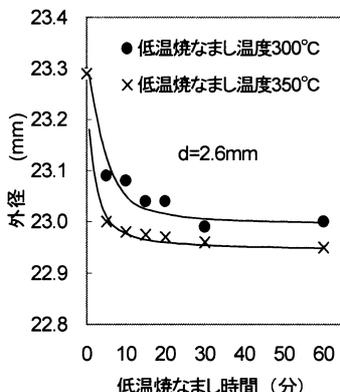


図5-1 SWP-Bばねの低温焼なましによる寸法の変化

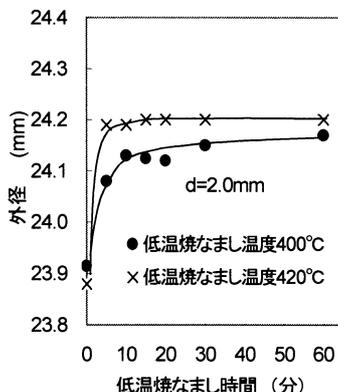


図5-2 SUS304-WPBばねの低温焼なましによる寸法の変化

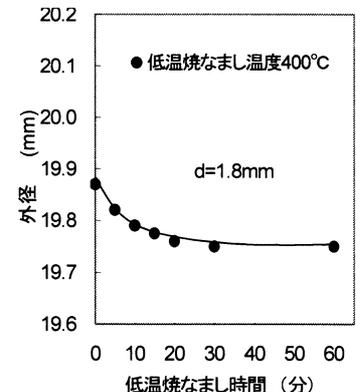


図5-3 SWOSC-Vばねの低温焼なましによる寸法の変化

(3) 低温焼なましの耐へたり性・疲れ特性への影響

低温焼なましによる耐へたり性、疲れ強さの変化の一例を図3、図4に示す。

前述のように低温側では残留応力、高温側では材料軟化の影響で耐へたり性、疲れ強さがともに悪化する。

(4) ショットピーニング後の低温焼なまし

ショットピーニングは、ばねの疲れ強さを向上させる処理で有益な圧縮残留応力をばね表層に生じさせる。しかし、一種の塑性加工であり、このままの状態では有害なひずみが残存しばねの耐へたり性が悪化する。このため、圧縮残留応力が大きく低下しない範囲の温度で低温焼なまし処理を行う。耐へたり性、疲れ強さの両面を考慮すると、処理温度は200～250℃が望ましい。

(5) 低温焼なましによる形状変化

低温焼なましは、残留ひずみを除去することから、コイルばねではコイル径の変化を伴う。その変化データを図5-1～図5-3に示す。

ステンレス線は他の材料と傾向の異なるコイル径変化を示し、成形時には注意が必要である。この原因については諸説があるが、鋼線の伸線時に生じた残留応力とばね成形時に生じた残留応力の影響と考えられている。

(6) 材料別低温焼なまし条件

最後に各種線ばね材料に対するばね成形後の最適低温焼なまし条件の目安を表1に整理した。(時効硬化系材料を含む)

表1 各種ばね用線の最適熱処理条件目安

	材質記号・名称	熱処理温度	熱処理時間	備 考
SWP-A,B,V SW-A,B,C	ピアノ線 硬鋼線	300～350℃	20～30分	動的高応力ばね
		200～250℃		初張力を必要とする引張りばね 静的高応力ばね
SUS304-WPA,B	オーステナイト系ばね用ステンレス鋼線	350～400℃	60分	動的高応力ばね
SUS631J1-WPC	析出硬化系ばね用ステンレス鋼線	475±10℃		析出硬化処理
SWO-V	弁ばね用炭素鋼オイルテンパー線	350～400℃	20～30分	線径1.0mm以下の細線は400℃以下
SWOCV-V	弁ばね用クロムバナジウム鋼オイルテンパー線			
SWOSM-A,B,C	シリコンマンガン鋼オイルテンパー線			
SWOSC-V	弁ばね用シリコンクロム鋼オイルテンパー線	400～450℃	30～45分	黄銅線はりん青銅線と同じ
C5111W	りん青銅線	200～250℃		
C7451W	洋白線	300～350℃		
C1720W	ベリリウム銅線	315℃	90～120分	時効硬化処理