

体を鍛える強い

●シリーズ●

材料の素顔に迫る

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第 39 回

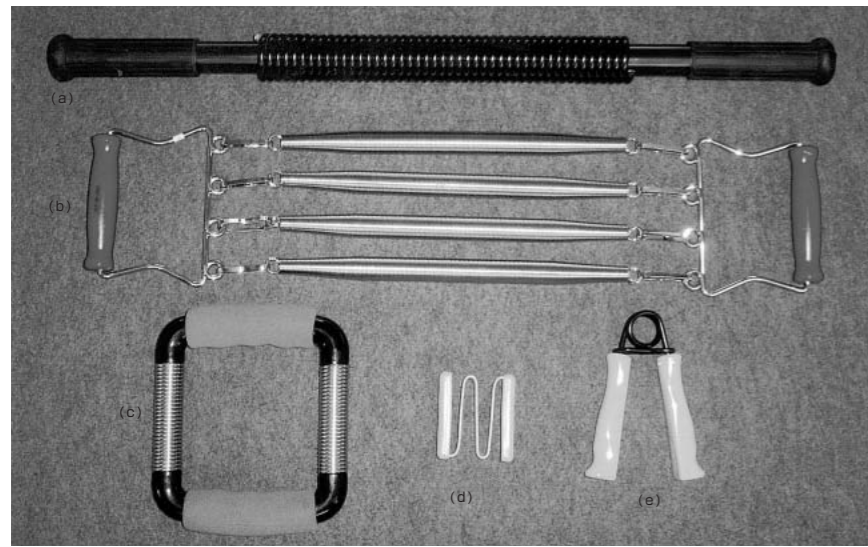


写真1 身近なスポーツ用具

はじめに

体を鍛えるスポーツ器具は、何らかの負荷を繰り返し身体に与えることができるようになっています。なかでも「ばね」は最も多く利用されている器具です(写真1)。金属製ばねは、弾性限の高い金属の形状を変えて、曲げ応力、ねじり応力、引張・圧縮応力など材料の弾性歪みエネルギーを利用するものです。ばねの形状では、円形断面の圧縮・引張コイルばねが材料の効率として最もよいので、広く普及しています。¹⁾

「ばね」の由来は18世紀～19世紀に「弾金(はじきがね)」と記された書物があり、また「跳ねる」と引掛掛けて「ばね」に訛ったのではないかとわれています。²⁾

ばねの製造

ばねに用いられる金属材料は、用途に応じて炭素鋼や低合金鋼のはね鋼、硬鋼線、ピア

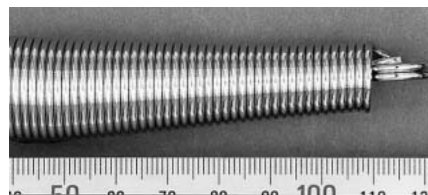


写真2 エキスパンダー取付部の構造

ノ線、ステンレス鋼線、黄銅線やベリリウム鋼線などの非鉄金属材料が使用される。高強度の汎用ばねには高炭素鋼が多く用いられている。冷間加工や熱処理(焼入・焼戻)により、所定の高強度にして、使用される。ばねの成形は冷間や熱間で加工が行われる。

ショットピーニングを行い、熱処理時の酸化皮膜を除去すると共に、表面に圧縮の残留応力を付与して疲労強度を高めることが行われることもある。

最後に防食や美麗化の目的に応じて、樹脂皮膜塗装やめっきなどの表面処理が行われる。

写真2に示すように、エキスパンダーには色々と工夫がなされている。ばねの両端はたる型にテーパをつけること(絞り丸フック)やフック部の半径を小さくし2重にしている。

いずれもフック部の安全性を考慮したものとされる。

化学成分と強度

表1に化学成分を示す。材料は高炭素鋼の線材である。P、S、Nなどの低い清浄鋼であり、転炉鋼と思われる。

表1 成分分析結果 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Al	N
エキスパンダー	0.62	0.15	0.71	0.010	0.007	0.024	0.0045
ハンドグリップ	0.61	0.22	0.78	0.011	0.007	0.003	0.0035

合金成分 (Cu, Ni, Cr, Mo) は0.03以下

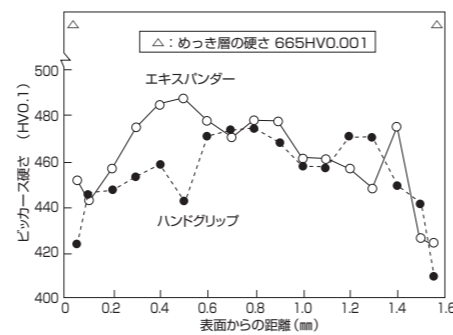


図1 断面硬度分布測定結果

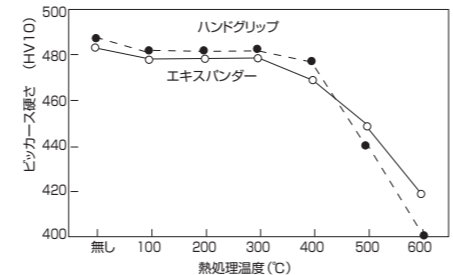


図2 焼き戻し時の硬度変化

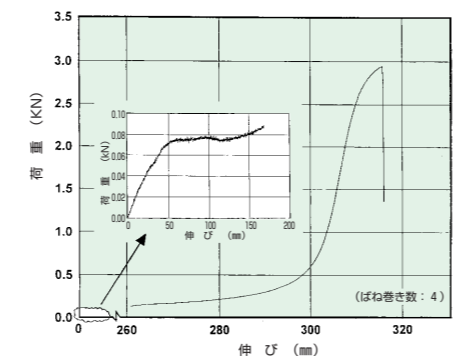


図3 エキスパンダーばね部の引張試験結果

ハンドグリップ用はAlの添加量が少ない溶製法がとられている。

図1に硬度分布の測定結果を示す。中心部はHV約470の硬さである。1.6mm径のコイルの引張試験結果は1550MPaであり、よく対応している。表面近傍は中心部より硬度が低い。脱炭の様子は見られなかったため、熱処理に起因するのではないと思われる。この材料を焼入れすることなく、100～600の温度で15分間(在炉時間:30分)焼戻しを行った。図2に示すように硬度が変化する温

味方、エキスパンダー

住友金属工業(株)社友●工学博士
大谷 泰夫

春です。スポーツの季節です。おりからの健康ブームも手伝って、最近、手軽に体を鍛える器具が多くなってきています。最もよく知られているのは、体力に合わせてバネの強度を調節して筋力を鍛える **エキスパンダー** です。常人の筋力を凌駕するこのシンプルなエクササイズマシンはどのような材料からできているのでしょうか? ミクロの世界をのぞいてみましょう。

度は約400であったので、この材料は400～500の温度で短時間の焼き戻しが行われたのであろう。表面と中心部の硬度の違いは、短時間の熱処理による温度差の違いに起因するものではないかと推定される。

高強度材の遅れ破壊防止の点からは、表面硬度を低くすることは巧妙な方法かもしれない。ばねの引張試験結果を図3に示す。約8kgfでばねには塑性変形が起こる(4本で32kgfの負荷)。

組織観察

写真3にエキスパンダーの光学顕微鏡組織を示す。

セメントイトと思われる炭化物が微細に分散している。この状況からも上記の焼戻し温度の推定は妥当であろう。



写真3 エキスパンダーの光学顕微鏡組織

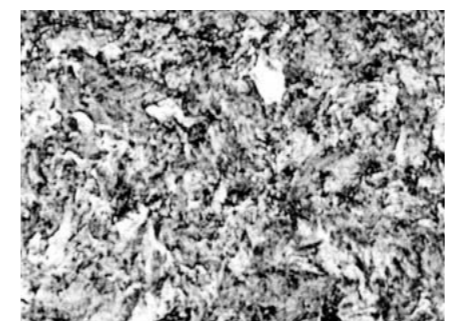


写真4 めっき層のオージェ電子分光分析結果

表面近傍の観察

図4に表面近傍の残留応力分布の測定結果を示す。約250MPaの圧縮の残留応力があり、疲労強度の向上に寄与しているであろう。これがショットプラストによるものか、熱処理

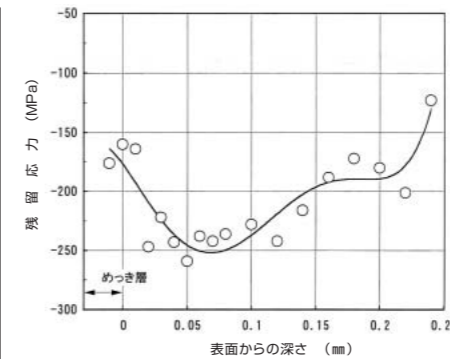


図4 エキスパンダー材表面近傍の残留応力分布

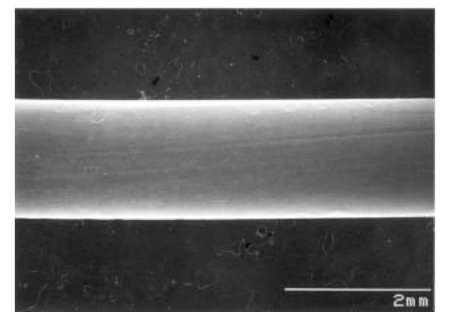


写真5 引張試験によるめっき層の観察

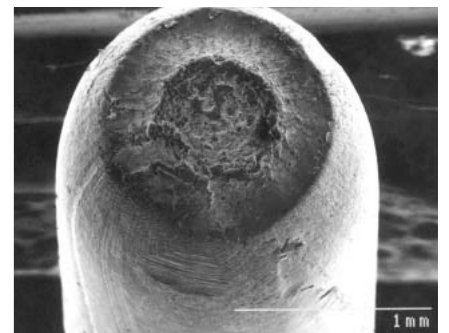


写真5 破断面

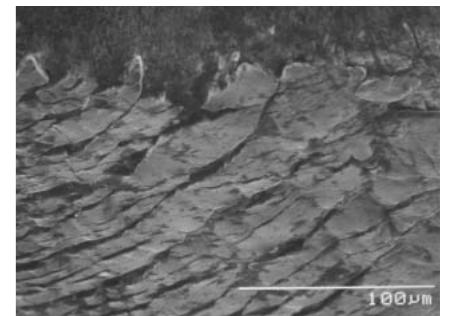


写真5 破断面めっき層のワレ

写真5 引張試験によるめっき層の観察

によるものかは不明である。

写真3の表層部の極く薄い白色層はめっき層である。小さなポロシテイの存在やコイルの密着部のめっきの不均一はあるが、全体としては比較的美麗である。

オージェ電子分光分析によりめっき層の解析を行った。写真4に示すように、母材上に約5μmのNiの地下めっき、その上に表層0.5μmのCrめっきが施されている。このCrめっきの硬度はHV665と高く、耐摩耗性と耐食性を兼ね備えている。

使用中の引張により、このめっき層が安定かどうかを調査した。荷重を増加していき、各段階で表面のめっき層のクラックの有無を観察した。最高荷重に達して試験片にくびれが起こるまではクラックは観察されなかった(写真5a)。破断面近傍のSEM(走査型電子顕微鏡)写真(写真5b、5c)ではめっき層の割れが観察されたが、通常の使用では十分な密着性を有していることが分かる。したがって、メッキ層に観察された小さなポロシテイからの発錆の可能性以外はかなり安定な表面処理であるといえよう。

なお、ハンドグリップは下地処理+ポリア

おわりに

エキスパンダーは最もポピュラーな体力強化器具ですが、高強度を得やすい高炭素鋼の特性を活用し、ばねの形状に工夫を凝らしている点や表面処理など、高度な技術が織り込まれていることは、ものづくりの確かさを感じさせます。

【参考文献】

- 1) 小玉正雄、杉坂治元、岩崎茂夫、渡辺信一: ばね使用と設計のポイント: 日本規格協会、(1997)
- 2) ものづくり解体新書(二の巻): 日刊工業新聞社、(1992)、p.99