

金属介在物が顕著に減少した。その結果初期損傷は減少したが、その寿命の分布は従来のもので損傷の周囲には酸化物や窒化物を伴っている。本論文では、このような介在物の周辺に発生する翼状のバタフライに注目し、組織の区分や形成機構について透過電子顕微鏡の観察などから検討を行った。供試材は、SAE 52100 鋼を使用し、熱処理は球状化焼なまし後 860°C で油冷、160°C で焼戻しを行った。疲労試験は、SKF-R<sub>2</sub> 耐久試験機で面圧 3 280 MPa、回転数 6 000 回/min、潤滑は Vitrea-33 油で 50~55°C で行った。試験後 10<sup>9</sup> 回以上の供試材について選び出し調査した。

光学顕微鏡の結果からは、バタフライは軸受軌道直下の最大剪断応力付近に、介在物を中心として、軌道に 45° の方向に翼のように両方向に広がり、その界面には多くの微細クラックを伴っている。硫化物で包まれた酸化物系介在物については、このバタフライは観察されなかった。またその大きさの一例として翼の長さは 100 μm、その深さは 65 μm であった。

透過電子顕微鏡観察の結果は、基地のマartenサイト非常に細かな粒子の集合が指のように整列して現れているのが観察された。この細かな粒子は、制限視野観察の結果、フェライトで、この中に炭化物は含まれていない。この粒子は約 10 nm であり、周辺の炭化物は 7 nm であった。

以上のことから、バタフライの生成要因は次のごとく考えられる。最大応力部でのマartenサイトは、かたい非金属介在物や、前から存在するクラックの周辺で応力が集中するためマartenサイトより炭化物が析出し、炭化物とフェライトに分離する。これが高応力下で超微細フェライトとなる。バタフライの翼は、常にクラックを伴い、おそらくこれらのクラックを起点としてクラックや翼が共に成長するのであろう。(廣松秀則)

#### V, N を含んだ高強度低合金鋼の析出強化におよぼす圧延条件の影響

(R. K. AMIN, et al.: Metals Technol., 8 (1971) 7,

pp. 250~262)

高強度低合金鋼の析出強化におよぼす圧延条件および V, N の影響を調べたもので、供試材としては 0.08% C-0.9% Mn 鋼を用い、N 量を固定し、V 添加量を変化させたシリーズと、V, N の両方を変化させたシリーズの二種類を用いている。試料は 1 300°C, 1 150°C, 1 000°C で再加熱し、その後 1 200-1 250°C, 900-950°C, 700-750°C の温度で圧下率 20% または 50% で圧延を行ったのち、900-950°C, 700-750°C で 100 s または 1 000 s 保ち、室温まで 400 K/min で冷却した。析出強度の度合は、同じ粒径を持った析出強化されていない試料との硬さの差 (ΔH)P で判定した。

一定の V 量のもとで最大の析出強化を得るためには、オーステナイト状態で V, C, N が固溶していることが望ましい。またオーステナイト状態で圧延などによつて生じる歪み誘起析出を極力抑える必要がある。しかしこの析出は再結晶や粒の成長を制御する場合には重要である。

成分的には VC の化学量論的組成のもとで析出強化は最大となるが、これは主として、VC が析出強化に寄与することを示している。N は Al と親和力が強いが、オーステナイト状態で圧延されると歪み誘起析出によつて VN が優先的に析出し、析出強化を低下させる。しかし、その後 VN が AlN にとつてかわると VC が生じる。強化に寄与する析出は主として  $\gamma \rightarrow \alpha$  変態中に生じるが、焼もどしの際のフェライト中での析出によつても強化が起こる。

本実験の V 添加鋼と従来の Nb 添加鋼との結果を比較すると、最適な加工熱処理を加えた場合、添加量が同じならば Nb 鋼の方が大きい。しかし Nb(C, N) はオーステナイト中で、たやすく歪みによつて析出が誘起されることから、この強化はこの析出による粒成長抑制に起因すると考えられる。これは、VC, VN でも同様の効果があることを示唆している。(村上雅人)

## コ ラ ム

### 製管の歴史(2)

#### —ピルガー圧延機の開発—

マンネスマン穿孔法の開発による傾斜ロールのアイデアのなかには現在も生かされているものが多いが、1885 年にマンネスマン法が生まれてから傾斜ロールに対して過大な期待がよせられ、薄肉管を穿孔しようとして種々な試みがなされたが当時としては困難であることがわかり、穿孔後に別の圧延機で薄肉にする方式がよいことになった。そして、1891 年にピルガー圧延法の基本特許が発表された。

傾斜ロールで穿孔された素管に対して、前進と後退の運動をあたえ、断続的にロールと心金によつて圧延され、順次、素管の全長を延ばす。前進と後退をくりかえしながら圧延される様子が、ちょうど Echte-wacht 町のカトリックのお祭の行列において、信徒た

ちが 3 歩前進、2 歩後退の行進をするのとよく似ているところから、Reuleaux 教授によつて“Pilgerschritt” (お百度) という名前がつけられた。

最初の特許では、素管を中空の長い心金を用いて圧延する方式で、その後、心金を短くして円錐形にしたものも考えたり、周囲に 2 個の溝型をもつたロールの図面もあるが、最終的にはロールに 1 個の溝型をもち、心金はストレートの形式のものが熱間ピルガーの主力となつている。また、自動送り装置や 90° 回転方式などもいろいろと考察された。1892 年にはプラネタリー式の遊星型ロールも図面がつくられている。

現在、欧州には熱間ピルガー圧延機が稼働しているが、日本にあつた一台は停止した。なお、コールド・ピルガー圧延機はステンレスパイプや非鉄管の圧延で活躍している。(大阪大学工学部 加藤健三)