

## 1 はじめに

広く使われている「焼付き」という現象の概念を正確に述べることは難しい。というのは、焼付きは色々な場面で色々な形で出現するので、人によって捉え方が様々であるからである。

日本語では「焼付き」が最もポピュラーに使われており、何でも焼付きで通してしまうが、類似語としては「かじり」、「凝着」、「溶着」、「融着」などがあり、それぞれ若干ニュアンスが異なる。ところが英語でも事態は似ており、まず Scuffing (イギリスで多く使われる)、Scoring (アメリカで多く使われる) という用語が、「潤滑が不良となって局部的に融着した表面が引きはがされて疵をつける現象」という意味で使われている。次に、激しい焼付きとして、Galling と Seizure があり、さらに、比較的微細な移着現象に対して、Pick-up、Transfer、また凝着、粘着という意味もある Adhesion なる用語もあるが、これらが厳密に使い分けられているとはいえない。

このように国内外で多くの用語が混同して用いられているのが実状であるが、現象的にも軸受けからロールまで種々の材料間の、色々な場合に様々な形態があること、そしてそれらは主観的、定性的にしか捉えようがないことが「焼付き」があいまいなまま容認されている原因と思われる。

ここでは、金属材料の摩擦において頻繁に出現するこの焼付きについて、現在何がわかっているのか、そしてその防止には何が効果的なのかを浅学を顧みず解説し、この混乱を少しでも和らげたいというのが筆者の思いである。

## 2 焼付きとは何か

焼付きの「焼」は温度上昇を意味する。すなわち、摩擦中に何らかの原因で摩擦面温度が上昇して摩擦面の一部が「くっつく」というのが語源であろう。そしてこれは摩耗のように徐々にではなくカストロフィ (悲劇的な結末) として突然出現するのが特徴である。いかえると、正常な摩擦状態がある時突然変調をきたして異常となり、摩擦を中止せざるを得なくなるのが焼付きの発生なのである<sup>1)</sup>。

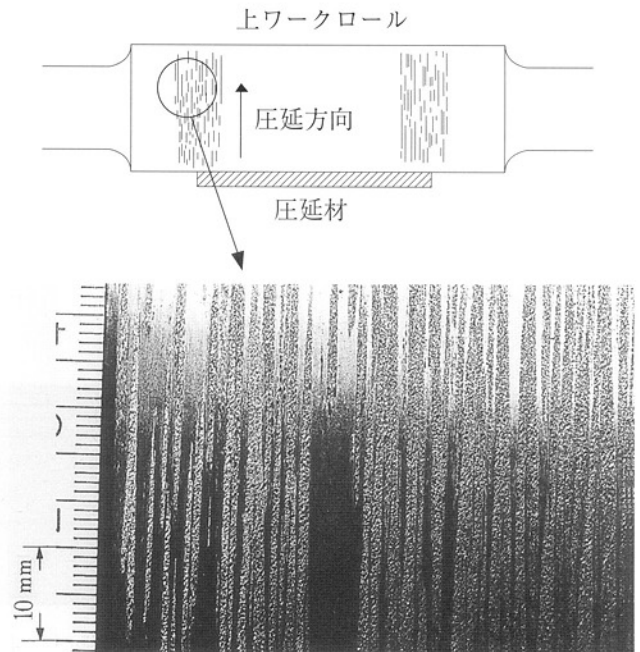
焼付きの規模は大小様々であるが、目に見えないまま成長しないものは恐らく無害であろうから、判定は通常肉眼に頼る。そしてミクロに調べると、一方の材料が

他方の表面にくっ付いている。これが焼付きと決めつける場合の唯一の証拠となる。なぜくっつくのかというのは素直に湧いてくる疑問であるので、この点については次章で述べる。

焼付きを大きく分けると、軸受け、歯車、ピストンなどの潤滑油の助けを借りて定常的に動いている機械で生じるものと、圧延、成形などの比較的大きな面圧を受ける加工工具に生じて製品表面に次々に疵をつけるものがある。前者は主に潤滑油の問題であろうから、ここでは金属材料屋にとって興味がある後者に焦点を絞ることにする。しかしそれでもなお、熱間と冷間、鉄鋼と非鉄、ロールとガイドシューなどの違いにより様々な焼付きが出現するのであるが…。

加工における焼付きについては文献<sup>2)</sup>の特集号を参照されたい。

焼付きの形態の一例として、ステンレス鋼の熱間圧延においてロールに生じたものを図-1<sup>3)</sup>に示す。ロール両端近くで円周方向に筋状の肌荒れが断続しているのがわかる。焼付きのないロール中央部に比べて、表面の凹凸が大きく、板に転写して疵を付けるので、ロールは直ちに交換される。



Y製鉄所熱間圧延機仕上げ3号スタンドでステンレス鋼930ton圧延後の高クロム鋳鉄ロール

図-1 圧延ロールの焼付きの例







実際の現象を正確に解析することが必要<sup>14)</sup>であるが、困ったことに大抵の現場では焼付きが出たらすぐに削り取ってしまうので、現物を観察することさえ減多にできない。

著者が図-1、2で示したステンレス鋼の熱間圧延ロールに生じる焼付きのシミュレーション法として考案したころがりすべり方式を図-4<sup>15)</sup>に示す。接触面圧を実際に近づけるために試験片巾を狭くし、新生面との接触にするため10回転ごとに摩擦位置をずらし、厚い酸化膜が生じないように温度を600℃にしたことなどが工夫した点である。この方法で発生した焼付きは実ロールから採取した焼付きに大変近似していたので、その後の研究をすることができた<sup>16)</sup>。

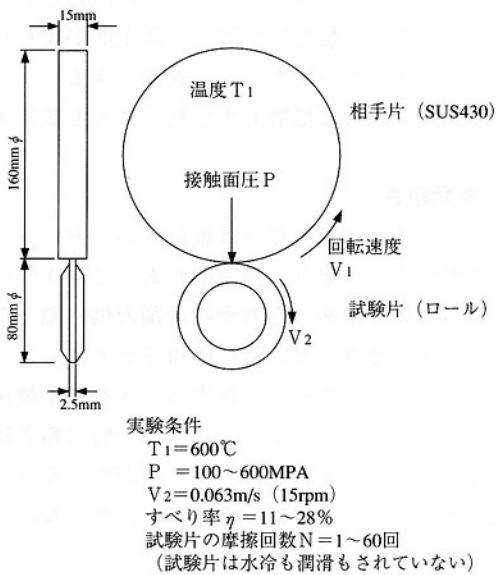


図-4 圧延ロールの焼付き試験法

## 6 焼付き防止法

製鉄プロセスラインなどで焼付きが生じると製品に疵をつけて大問題となるので、現場技術者にとってその防止法は重要な課題である。そして大抵の場合、経験的に求めた焼付きの生じない条件で作業が続けられている。

焼付き防止法としてまずロール材質改善が求められることが多いが、これはほとんどの場合成功しない。理由は、ここまで読まれた読者なら理解できるであろうが、金属は本質的に焼付くものだからである。従って、金属の焼付きを防止するには接触面を非金属化するしかない、すなわち広い意味の潤滑である。この時常に注意せねばならないことはその供給方法である。潤滑剤が界面に存在しなければ何の役にも立たないからである。

潤滑剤を系外から供給しなくても材料自身の酸化膜を利用することはおもしろい方法である。実際に、継目無鋼管の圧延ではあらかじめ厚い酸化膜を生成させた工具が用いられており<sup>17)</sup>、この処理をしないと圧延ができない。

もうひとつの方法は工具表面をセラミックスにすることである。しかし、表面の凸凹に金属が埋め込まれてしまうと金属同士の接触となること、およびセラミックスが割損しやすいことなどの問題があるので、実用化の成功例はまだ少ない。

## 7 まとめ

焼付きは解明が遅れているトライボ現象の一つであり、明確な指導原理が見当たらないのが現状である。現在の科学技術によれば、金属同士が接触すればその種類が異なっても焼付きの生成を完全に防止することはできない。ただ、焼付きは必要条件がそろわないと生成しないので、限界ぎりぎりのところで用いられている場合には、4章で述べたように硬さを増すとか、表面粗さを下げることなどの材料選定がその防止対策として有効になることもある。しかし、抜本的な防止法には潤滑剤の使用、あるいは表面の非金属化しかない。

## 参考文献

- 1) 木村好次：塑性と加工，24 (1983)，No.265，P.91
- 2) 塑性と加工，24 (1983)，No.265
- 3) 加藤 治，川並高雄：塑性と加工，30 (1989)，No.336，P.103
- 4) 例えば，I.V.Kragelsky：Trans. ASME J.Lubr. Tech. Jan. 1976，P.133  
池 浩：鉄と鋼，76 (1990)，P.1219
- 5) 井本 稔，黄慶雲：岩波新書135「接着とはどういうことか」，岩波書店 (1985)
- 6) 摩擦圧接協会編：「摩擦圧接」(1982)、コロナ社
- 7) 大橋 修：ハイテク文庫①「Q & A 拡散接合」，産報出版 (1993)
- 8) 寺岡清之：鉄と鋼，69 (1983)，P.1955
- 9) 佐々木直哉：トライボロジスト，39 (1994)，P.194
- 10) 木村好次，岡部平八郎：トライボロジー概論，養賢堂 (1982)，P.173
- 11) 加藤 治，菊間敏夫：塑性加工春季講演会論文集 (1988-5)，P.285
- 12) G.SALOMON：Wear，36 (1976)，P.1
- 13) 例えば，後藤邦夫，間瀬敏郎：鉄と鋼，77 (1991)，P.107
- 14) 加藤 治：フジコー技報，No.2 (1994)，P.51
- 15) 加藤 治，川並高雄：塑性と加工，28 (1987)，P.264
- 16) 加藤 治，内田 秀，菊間敏夫：製鉄研究，335 (1989)，P.35
- 17) 大貫 輝：潤滑，28 (1983)，P.365