106

プラズマ窒化処理した SKD 鋼の摩擦摩耗特性

| 滋賀県大工 | Æ | 三好 | 良夫 | 滋賀県大口 | ΕĒ | ○田邉 | 裕貴 |
|-------|---|----|----|-------|----|-----|----|
| 滋賀県大工 | Æ | 高松 | 徹  | 滋賀県大口 | LE | 菊池  | 潮美 |
| 滋賀県大工 |   | 宮村 | 弘  | 滋賀県大日 | Ľ. | 土田  | 卓矢 |
| 滋賀県大工 |   | 岡田 | 晃典 |       |    |     |    |

## 1.緒言

金型の寿命向上には,窒化処理が有効である.な かでも、プラズマ窒化は、反応効率が高い、化合物 層が生成されにくい、環境汚染の心配がない、など 優れた特徴を有しており、金型の寿命向上対策とし て特に注目されている方法である.筆者らは、金型 に対する最適窒化条件の確立を目指し、プラズマ窒 化条件を変化させることにより、硬さ分布、残留応 力分布、ならびに組織にどのような変化が生じ、ま たこれらの変化がプラズマ窒化材の耐摩耗性に如何 なる影響を及ぼすのかについて調査することにした. 本報では、窒化温度と時間を種々に変化させた条件 下でプラズマ窒化した SKD61 鋼の硬さ分布と摩耗 特性について調査した結果を主として報告する.

## 2.実験方法

2.1 試験片 供試材には、SKD61 鋼を使用した. 試験片,接触片の形状・寸法はそれぞれ図 1-(a),図 1-(b)に示すとおりである. このような形状・寸法に加工した後,図2に示す条件で真空中にて焼入れ・焼戻しを施した. その後,H<sub>2</sub>ガス分圧 3.0Torr,N<sub>2</sub>ガス分圧 1.4Torr,200V-0.2A の条件下でプラズマ窒化処理を行った. プラズマ窒化の条件として,表1に示す6種類を設定した.以下では、各条件を表1



(a) Specimen. (b) Contact pad. Fig.1 Shapes and dimensions of specimens.



Fig.2 Heat treatment condition.

| T 1 1 | N T . |        |       | . •   |
|-------|-------|--------|-------|-------|
| Table | NIT   | riding | condi | tions |
|       | <br>  |        | ~~~~  |       |

|        | Temperature [°C] | Time [hour] |
|--------|------------------|-------------|
| 450-25 | 450              | 25          |
| 480-25 | 480              | 25          |
| 500-25 | 500              | 25          |
| 530-1  | 530              | 1           |
| 530-4  | 530              | 4           |
| 530-36 | 530              | 36          |

のように表記することにする.また,比較のため, 図2の熱処理までを施し,プラズマ窒化処理を施さ なかった試験片(以下,未処理材とする)も用意し た.

2.2 摩耗試験 摩耗試験は同一条件でプラズマ窒 化した試験片と接触片との組合せで行った.試験に は、高千穂精機㈱製の往復動摩擦摩耗試験機を用い た.本機は,接触片を試験片に押し付けながら,試 験片を往復動させる機構となっている.試験条件は, 荷重 490N,往復速度 100rpm,ストローク 50mm と し,無潤滑下で試験を実施した.摩耗量は,試験を 適時中断し精密天秤(島津製作所製, AEG-80SM, 精度 0.01mg)にて測定した.

## 3.結果および考察

3.1 試験片断面の硬さ分布測定結果 マイクロビッ カース硬さ試験機を用いて,各試験片の断面での硬 さ分布を測定した.図4はその結果を示したもので あり,図4-(a)は窒化時間一定(25時間)で窒化温度



Fig.4 Distributions of Vickers hardness in sectional surface.

を変化させたもの,図 4-(b)は窒化温度一定(530℃) で窒化時間を変化させたものの結果を表している. なお、未処理材のビッカース硬さは、表面から内部 にかけてほぼ 560Hv で一定であった(図中実線). まず,試験片表面の硬さに注目する.今回調査を実 施した範囲内では、表面の硬さ値は、窒化温度が低 いほど、また窒化時間が長いほど大きくなることが わかった. 窒化温度が高いほど, 硬さ値が小さくな る原因として、窒素の拡散により析出する窒化物の 粗大化が考えられる.また、X線回折により、Fe<sub>3</sub>N, Fe4N などの回折強度を調べた結果, 窒化時間が長い ほど回折強度も大きくなっていた. このことより, 窒化時間が短いほど硬さ値が小さくなったのは、窒 化物の生成量に起因した結果であると考えられた. 次に,試験片内部の硬さ分布に注目した.まず窒化 温度一定の条件下では、試験片内部においても、時 間が長くなるほど硬さ値は大きく、また硬化層はよ り内部にまで達していた. 窒化時間一定の条件下で は, 0.05µm 付近で各試験片の硬さ値の大小関係が逆 転し、それより深い部分では、温度が高いほど硬さ 値が大きくなっていた.また,温度が高いものほど, 硬化は内部まで進行していた.

3.2 摩耗試験結果 2.2 に示した方法で摩耗試験を 実施した.その結果を図5に示す.



Fig.5 Relationship between wear weight and number of cycles.



Fig.6 Relationship between specific wear rate and number of cycles.

図5より、プラズマ窒化処理を施したいずれの試 験片においても、未処理材(図中◎)と比べ、顕著 な耐摩耗性の向上が認められた. 図5の結果をもと に、繰返し数増加に伴う各試験片の比摩耗量の変化 を調べた.その結果を図6に示す.なお、比摩耗量 は、摩耗体積を荷重と摺動距離で除して算出した. なお同様にして求めた未処理材の比摩耗量は 10<sup>-7</sup>[mm<sup>2</sup>/N]オーダの値であった.各試験片の表面硬 さには最大で約250Hvの差があるにも関わらず、摩 耗の初期段階(N<104)においては、各試験片の比 摩耗量はほぼ等しかった. N>104 では, 各試験片の 比摩耗量に差が生じたが、硬化層厚さが大きいもの ほど、繰返し数が増加しても比摩耗量が増加しにく いようであった. また,図4-(a)に示したように,窒 化時間一定で窒化温度の異なる試験片では、内部で 硬さの逆転が認められたが、比摩耗量においても N=2.0×10<sup>5</sup>付近で逆転が認められた.以上より考察 すると,表面層の硬さが 1000 Hv 程度以上であれば, 硬さが大きくなっても顕著な耐摩耗性の向上は認め られず、摩耗量を低減させるためには、むしろ多少 表面層の硬さが小さくても、内部深くまで硬化され ていることが必要であると考えられた.

3.3 試験片内部の残留応力分布 450-25, 530-36 の 試験片につき,過塩素酸水溶液による電解研磨によ り試験片の表面層を約 10μm づつ除去し,X線応力 測定により試験片内部の残留応力分布を調べた.応 力測定は,Cr-Kα線を使用し,α-Feの211 回折面に 対して実施した.その結果を図7に示す.



450-25 の残留応力は 530-36 と比べ,比較的表層部 に集中しており,また最大値も約2倍程度の大きな 値となっていた.金型には寸法精度が要求されるが, 450-25 のように急激な応力勾配を有する場合,摩耗 の進行に伴う寸法変化が大きくなることが懸念され る.摩耗に伴い発生するひずみがどの程度であるか は実測していないため定かではなく,また残留応力 が耐摩耗性向上に対してどの程度寄与するのかも明 らかにできていない.今後これらの点にも注目し, 検討を進める予定である.

## 結言,参考文献略