



第7章 表面処理

目的 基本的な表面処理の種別と効果を理解する。

- | | |
|--------------|--|
| 1. 概論と研究動向 | 1.1 表面処理の目的
1.2 表面処理の種別
1.3 研究動向 |
| 2. 代表的な表面処理法 | 2.1 窒化
2.2 ショットピーニング
2.3 浸炭 |
| 演習問題 | |



1. 概論と研究動向

1.1 表面処理の目的

材料の機能性向上

耐摩耗性, 耐食性, 耐熱性は材料表面の性状に依存する.



高機能性を有する表面層の創生

- ①機能性の付与・改善→高機能化
- ②安価な素材の高級化→コストダウン

材料の強度向上

疲労強度, 応力腐食割れなどは材料表面の性状や環境に依存する.



表面硬化層, 異種表面層の形成

- ①表面効果層の形成→材料全体の疲労強度改善→軽量化
- ②環境遮断効果→用途拡大の可能性



1. 概論と研究動向

1.2 表面処理の種別

表1 表面改質の種別一覧



1. 概論と研究動向

1.3 研究動向

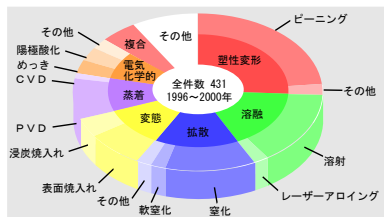


図1 研究されている表面処理

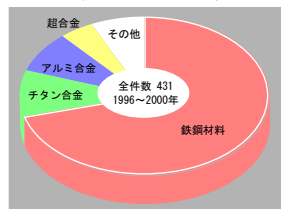


図2 対象材料

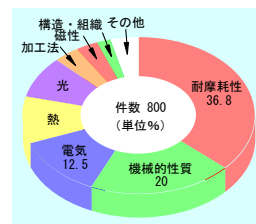


図3 工学系分野での表面処理の研究目的

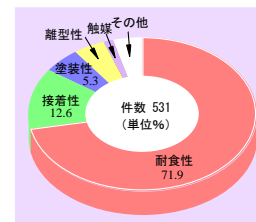


図4 化学系分野での表面処理の研究目的



1. 概論と研究動向

近年の表面処理の開発状況

表面処理技術は、有効性が一般に認められた基盤技術を核として、その技術の限界が把握された後に、高効率化、高性能化を求めて着実に進化している。つまり、斬新な技術が提案されて急激に変化している訳ではない。



2. 代表的な表面改質法

2.1 窒化 (nitriding)

- 1923年ドイツ クルップ社 Ad. Fry博士のガス窒化に関する研究が最初。
- 鉄鋼材料をアンモニアガス中で500°C、50～100 h の条件で加熱し、分解したNを材料表面から拡散させる方法である。
- 材料中に微細な窒化物が生成され、高硬さを有する表面層が形成される。
- 窒化鋼SACM645 (Al-Cr-Mo鋼) やSCM445 (Cr-Mo鋼) を対象材料とする。
- 耐摩耗性、疲労強度が大幅に改善される。
- 処理温度が低いため、ひずみが小さい。
- プラズマ窒化等へ進化。



図5 ガス窒化に係るDr. Fryの論文



2. 代表的な表面改質法

2.2 ショットピーニング(shot peening)

- ・1870年ドイツ B. C. Tilghman 氏の特許
- ・元は汚れ落とし技術であり、プラストとも呼ばれる。
- ・多数の粒子を高速で表面に衝突させて、表面加工硬化層の形成や圧縮残留応力の付与により疲労強度の大幅な改善が可能。
- ・微粒子ピーニング等へ進化。

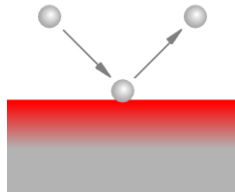


図6 ショットピーニングの説明図

微粒子ピーニング

微粒子を圧縮空気で150 m/s まで加速し、材料表面に衝突させる方法。

- ・高い圧縮残留応力が付与され、加工硬化が生じ、表面が強化される。
- ・表面を清浄化しつつ、粗さを最小限に抑制できる(図7)。
- ・異種金属を拡散させることができる。

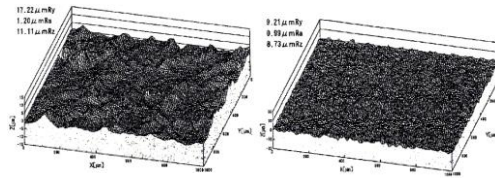


図7 処理後の表面:

(左)ショットピーニング(粒子径800 μm), (右)微粒子ピーニング(粒子径55 μm)



2. 代表的な表面改質法

微粒子ピーニングの効果

効率的に表面近傍へ衝突粒子の運動エネルギーを集中させることができる(光学レンズによる集光との類似性)。

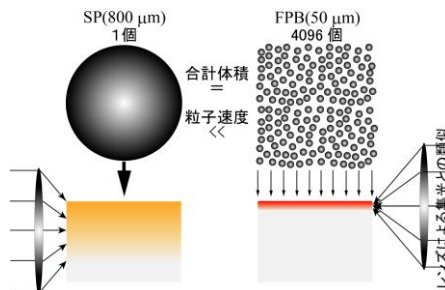


図8 微粒子ピーニングの効果に関する説明図

図9より、ショットピーニング(特に微粒子ピーニングが疲労強度を改善する上で極めて有効であることがわかる。

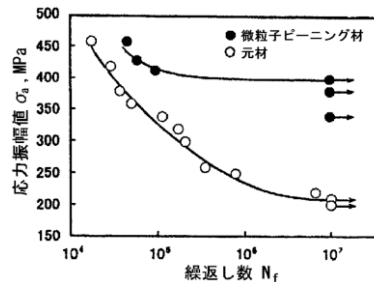


図9 SUS304の疲労強度に及ぼす微粒子ピーニングの効果



2. 代表的な表面改質法

2.3 浸炭(carbolizing)

- ・浸炭は、その後の焼入れ・焼戻しを合わせて「浸炭」と呼ぶ。
- ・キャリアガス(CO, N₂, H₂)にエンリッチガス(メタン, エタン, プロパン)が含まれる雰囲気中で、930 °C, 数時間加熱し、材料表面からCを拡散させる。
- ・はだ焼鋼(S09CK~S20CK)を用いる。この鋼種は低炭素濃度であり、浸炭により表面のみ高炭素濃度とする。
- ・浸炭後、800~850 °Cから焼入れ後、150~200 °Cで焼戻しを行う。
- ・浸炭層は球状炭化物を含む高炭素濃度マルテンサイトになり硬化する。
- ・耐摩耗性、疲労強度の大幅な向上が可能であり、歯車等の機械部品に適用される。

- ・軟窒化(窒化+浸炭), プラズマ浸炭等へ進化。



図10 プラズマ浸炭炉



2. 代表的な表面改質法

浸炭+微粒子ピーニング

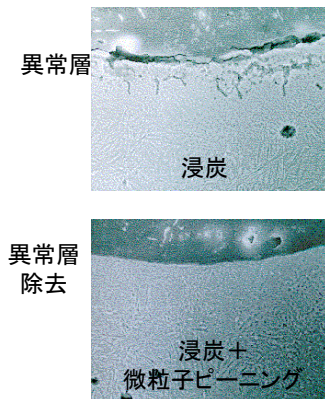


図11 浸炭+ピーニングにより得られる表面組織

- ・浸炭後に、微粒子ピーニングを施すと表面の異常層が除去されると共に、高い圧縮残留応力が付与される。

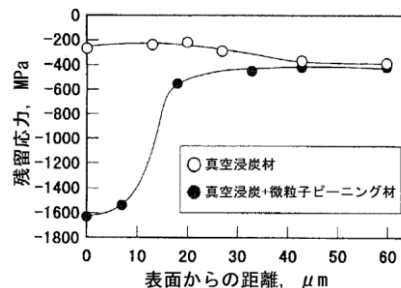


図12 真空浸炭+微粒子ピーニングにより導入される残留応力



2. 代表的な表面改質法

- ・結果として、浸炭+微粒子ピーニングにより耐摩耗性が向上するだけでなく、疲労強度が著しく改善される(図13)。
- ・浸炭+ショットピーニングの組合せは、自動車部品等に対し、一般に用いられている。

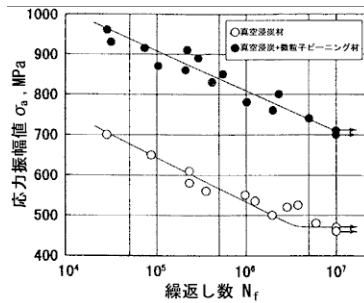


図13 浸炭+微粒子ピーニングによる疲労強度の改善

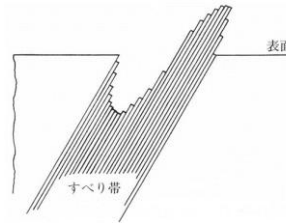


図14 疲労き裂の発生に係る説明図 (参考)

○疲労き裂は、図14に示すように繰返し応力の作用下ですべりの活動により発生する。そのため、硬化層が形成されてすべりが生じにくくなり、同時に圧縮残留応力の導入により応力値が低下すれば、疲労強度は上昇する。



演習問題

- 問題 1 浸炭を行った後、ショットピーニングを施したところ、鉄鋼材料の疲労強度が飛躍的に向上した。その原因を説明しなさい。
- 問題 2 表面処理を施した場合と、材料全体の性能改善をした場合を比較し、どちらがどのように優れているのかを説明しなさい。



演習問題解答

問題 1

浸炭時に表面硬化層が形成され、ショットピーニング時に表面の異常層が除去されるとともに、高い圧縮応力が付与されるため、表面からの疲労き裂の発生が抑制される。その結果、疲労強度が大幅に改善される。

問題 2

表面処理により適切な表面層が形成されれば、材料を高級化することなく、性能改善が可能である。ただし、長期使用により表面層に損傷を受ける場合には、耐久性に劣ることになる。