

SUSの加工条件が表面特性に及ぼす影響

素材開発部 瀧石 和人

1. はじめに

ステンレス鋼は表面に緻密で化学的に安定なクロム酸化物を主体とした酸化物が形成されるので他の鉄鋼材料に比べて耐食性に優れている。このために食品・水産・半導体産業機器等の歯車、シャフトなどの部品として旋盤、フライス加工、研削加工などの機械加工や溶接、熱処理など様々な加工履歴を経て使用に供されている。加工を受けるステンレス鋼の表面近傍は、加工の影響を直接または間接的に受けることになる。例えば、加工時に応力が作用すればミクロ的な変形が生じるし、加工雰囲気が高温度では表面皮膜の化学的組成に影響し、表面近傍の物理的性質や化学的性質が異なってくると考えられる。従って、使い方を十分に考慮して加工条件を決めないとステンレス鋼の特徴を十分に活かせず腐食などのトラブルを引き起こしかねないことになる。

今回は、これまでの研究過程の中で加工条件により表面層の物性や加熱条件により表面に形成される酸化皮膜の状態が異なること及び以後の加工処理（窒化処理）に極めて顕著な影響を及ぼすことを明らかにしたので報告する。

2. 実験方法

実験に使用したステンレス鋼としては、オーステナイト系ステンレス鋼の中からJIS規格のSUS304とSUS316及びSUS310S相当材の丸棒（直径20mm）を1000 で1時間加熱急冷の溶体化処理を施したものを長さ10mmに切断した試料表面にショットピーニング加工、#120エメリー紙研磨加工及び1 μ mダイヤモンド研磨剤でバフ研磨加工（鏡面加工）を行い大気中で種々の温度で加熱し表面皮膜を調整した。これらの試料について硬さ分布測定、表面のX線回折による結晶構造の解析、XPSによる表面皮膜の組成解析を実施し表面特性を評価した。また、ガス雰囲気炉で窒化処理し表面加工の影響がガス窒化処理に及ぼす影響を調べた。

3. 実験結果及び考察

3.1 表面加工の影響

表面に#120エメリー紙研磨加工及びショットピーニング加工を施した試料表面のX線回折による結晶構造解析では、SUS304試料には両加工条件ともに γ 相のピークの他に δ 相の明瞭なピークが認められ、ショットピーニングのように加工条件が厳しくなると δ 相のピークは γ 相のピークより高くなったが、SUS316では加工条件が厳しくなっても δ 相のピークが γ 相のピークより高くなることはなかった。またSUS310Sでは如何なる加工条件下でも δ 相は検出されなかった。オーステナイト系ステンレス鋼でも種類が異なると加工による

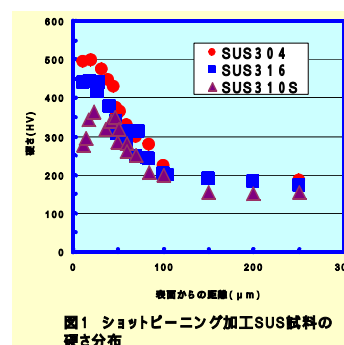


図1 ショットピーニング加工SUS試料の硬さ分布

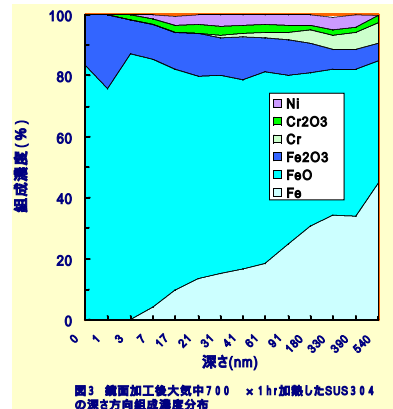
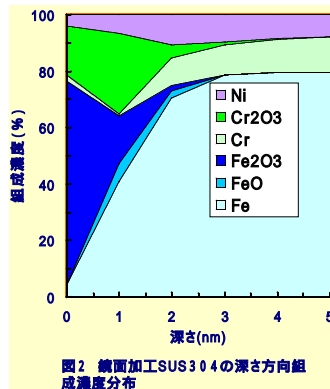
影響の現れ方に違いが見られることが分かる。SUS304の δ 相が最も不安定で加工により δ 相へ変化し易いが、SUS310SのようにNiやCr量が多い材料では δ 相が非常に安定で加工による結晶構造の変化は少なくなる。しかし、図1にショットピーニング加工を施したSUS304、SUS316及びSUS310S試料の表面から深さ方向への硬さ分布を示すが、どのSUS試料でも加工の影響を受けた表面近傍の硬さは

高くなっている。'相が多く検出されたSUS304の硬さが最も高く、SUS316そして'相の全く検出されなかったSUS310Sの順に硬くなっている。このことから結晶構造変化を伴わなくても加工により硬化層が生じることを示すものである。

3.2 加熱の影響

金属の表面には酸化皮膜が形成されているが、ステンレス鋼では緻密なクロム酸化物が形成されているために耐食性に優れるとされている。#120エメリー紙研磨加工及び鏡面加工を施したSUS304、SU

S316、SUS310S及びこれらを200~700℃、1時間大気中で加熱した試料の深さ方向の皮膜組成をXPSで解析した。図2、3に鏡面加工無加熱及び700℃加熱SUS304試料と#120エメリー紙研磨無加熱及び600℃加熱SUS304試料の結果を示す。鏡面加工無加熱試料の最表面皮膜はFe₂O₃が最も多くCr₂O₃、Fe、Ni、FeOの順である。FeOとCrの量は極めて少ない。



酸化皮膜の厚さは約3nmである。酸化皮膜の厚さが3~5nmの時の耐食性が最も優れていると言われている。大気中において700℃で1時間加熱した試料の最表面皮膜は、FeOが80%で、次にFe₂O₃が多く、ほとんどこの2種類の鉄酸化物で占められ、耐食性に寄与するCr₂O₃は全く認められない。また、酸化物の厚さは540nm以上となっている。#120エメリー紙研磨600℃加熱SUS304試料の最表面は約50%のCr₂O₃であり残りがFe₂O₃でわずかにFeOが現れていた。酸化層の厚さは約60nmであった。このように加工条件や加熱によって形成される酸化膜の組成に違いが見られることは注目に値することである。

3.3 ガス窒化に及ぼす表面加工条件の効果

加工条件や加熱により表面に形成される酸化皮膜の組成に違いが見られたが、これらの違いがガス窒化処理に対してどのような効果をもたらすか調べた。鏡面加工を施し大気中で種々の温度で予加熱後に570℃で20時間窒化処理した試料では、Cr₂O₃が表面皮膜に認められなくなる温度、400℃以上では窒化反応が進むが、表面皮膜にCr₂O₃が存在した#120エメリー紙研磨を施し大気中で予加熱の試料では、窒化反応がほとんど進行しなかった。表面の皮膜組成の違いは、明らかにガス窒化能に大きく影響することが分かった。

4. おわりに

ステンレス鋼は表面に形成される緻密なCr₂O₃皮膜により耐食性に優れるが、加工条件により結晶構造変化が生じること、硬さが変化することや加熱条件によって表面に形成皮膜の組成が異なることが明らかにできた。表面状態は窒化処理などの熱処理に対して極めて影響が大きいことが分かった。

このように表面の状態を把握することは材料を使用する上で非常に大事なことである。このことにより未然に腐食や破損などのトラブルを防げることも可能と言えよう。

今後は、ステンレス鋼の表面状態と耐食性等の関係が十分明らかでないので更に研究を進めていく計画である。