

1-2 金型のイオン窒化技術に関する研究(第2報)

— 窒化層の耐熱性に関する研究 —

浜石和人

1. はじめに

前報ではイオン窒化の冷間金型への適用において様々な機械的性質の基本となり、また設計の目安となる表面硬さや硬さ分布について鋼の化学成分や処理条件がどのように影響するかについて調べた結果を報告した。

今回は、イオン窒化層の耐熱性を調べ、熱間金型へのイオン窒化技術の適用性について検討を加えた。

2. 実験方法

SACM645, SCM415, SKD11相当材の鋼種を選定し、 $30\phi \times 20t$ に旋盤加工後片面を鏡面仕上げした試料を表1の条件でイオン窒化した。これらの試料を表2に示す条件で真空炉で加熱冷却し、表面硬さをマイクロビッカース硬さ計(100gf)で測定すると同時に表面のミクロ観察を光学顕微鏡で行い、窒化層の耐熱性の検討を行った。

表1. イオン窒化条件

ガス化	処理圧	処理温度	処理時間
H ₂ :H ₂ =1:1	5 Tonn.	570°C	24 hr

表2. 真空加熱条件

加熱温度(°C)	650	700	750	800	850	900
昇温時間(分)	20					
炉内圧(Torr)	10 ⁻¹					
保持時間(分)	60					
冷却条件	炉内冷却室(500Torr)にてファン冷却					

3. 結果と考察

図1にイオン窒化後650°~900°Cで加熱したSACM645, SKD11, SCM415相当材の表面硬さと母材硬さを示す。図より、窒化後の表面硬さは、SACM645, SKD11そしてSCM415の順に高いがSACM645とSKD11の表面硬さの差は少ない。これらの鋼の窒化表面硬さは、加熱温度が高くなるほど低くなっていることが解るが、CrとAlを含むSACM645の硬さがCrを含みAlを含まないSCM415やSKD11より高く、650°Cで他の2鋼種がHMV500程度であるのにSACM645ではHMV930と高い。また、SCM415やSKD11の硬さが700°Cの加熱でHMV450以下となり800°C以上の加熱で母材硬さと同等またはそれ以下となるのに比べSACM645の場合850°CまではHMV500程度を維持し、900°Cの加熱において母材硬さとほぼ同一になるが、HMV410と高い値を示している。SKD11とSCM415の窒化表面硬さ

の比較では、Cr量の多いSKD11の方が高くなっている。しかし、その硬度差は大きくない。SKD11の母材硬さは加熱温度800°C以上で高くなっているが、これは、焼が入り始めたためと言える。

以上のことから、硬さの観点から窒化層の耐熱性を検討するとAlは、Crに比べてかなり効果的と考えられる。Crについては、その含有量が多い方が耐熱性が高いと考えられるが、Cr量による効果は大きくないと考えられる。すなわ

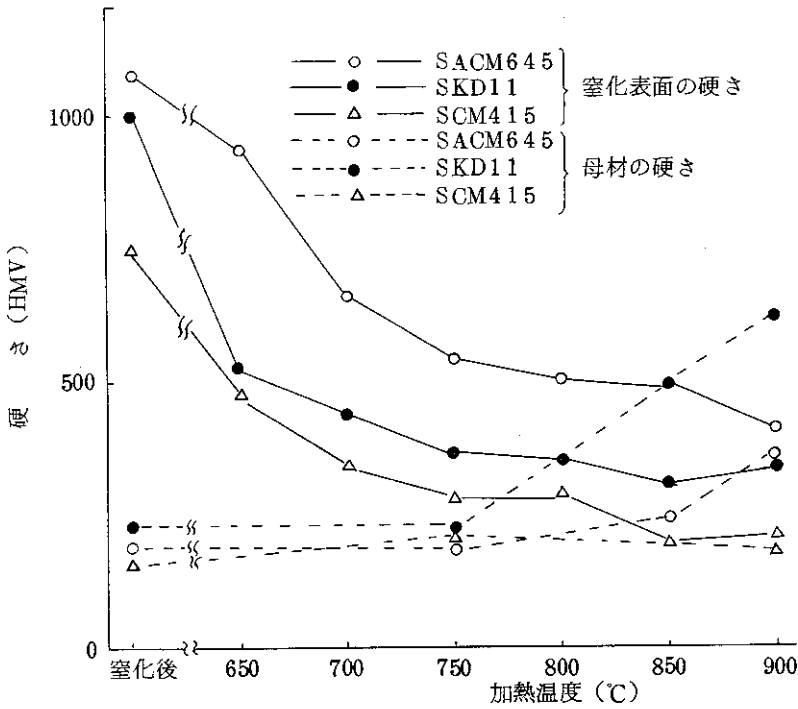
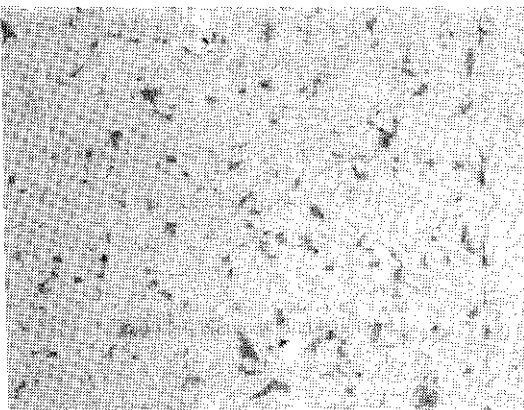


図1. イオン窒化表面の加熱温度と硬さの関係

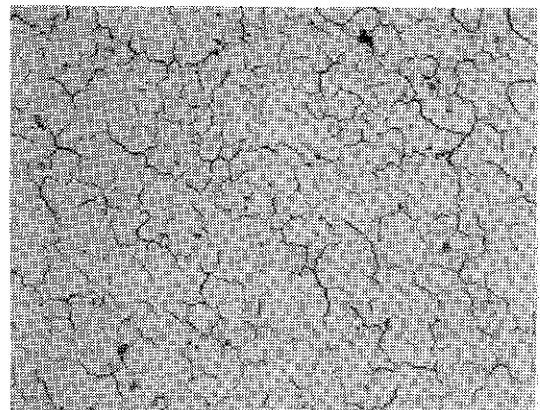
ち、SACM645の窒化層の耐熱性はSKD11やSCM415より高いと言える。

次にPhot 1, 2に650, 850°Cで60分加熱冷却したSACM645試料の光学顕微鏡

観察結果を示す。Phot 1に示すようにSACM645の場合650°C加熱冷却において微細クラックが多数発生し、加熱温度が高くなるとPhot 2に示す様にクラックも大きくなってゆく傾向が認められた。SKD11, SCM415にはこの様なクラックは全く認められなかった。このことは、図1に見られた様にSACM645の窒化層の各温度における硬さがSKD11やSCM415より高かった事から考えて、SACM645の窒化層は耐熱性が高く分解し難いため母相との間の熱的性質の相違が大であり加熱冷却におけるヒートショックによる割れ性が大きいと考えられるが、明かではない。硬度の観



(×100)
写真1. 650°C 60分加熱冷却後のSACM645試料の表面



(×100)
写真2. 850°C 60分加熱冷却後のSACM645試料の表面

点から耐熱性が高くても、この様に割れが発生すると、当然表面に熱応力以外の機械的な応力が作用した場合、非常に低い応力ではく離することが考えられ、温間、熱間金型への適用上一層の検討の必要があることを示している。

4. ま と め

今回の実験結果から次の様なことが解った。

1. 窒化後の表面硬さは、SACM645、SKD11、そしてSCM415の順に高く、SACM645とSKD11の硬さの差は小さい。
2. SACM645、SKD11、SCM415の窒化表面硬さは、加熱温度が高くなると低くなる。しかし、SACM645の硬さは、Alを含まないSKD11とSCM415に比較し高温まで高い値を示す。
3. SKD11とSCM415の窒化表面硬さは、Cr量の多いSKD11の方が高いが、硬度差は大きくない。
4. 1～3より窒化層の耐熱性に対してAlは、Crに比較してかなり効果的と考えられる。
Crについては、多いほど効果的と考えられるが、顕著ではない。

5. SACM645の窒化層の耐熱性は、硬さの観点から検討すると、SKD11、SCM415より高いと言える。

6. SACM645の加熱冷却後の窒化層には割れが認められ、高温になるにしたがって大きくなる傾向が見られた。SKD11、SCM415には認められなかった。このことは、温間、熱間金型へのイオン窒化適応上一層の検討の必要のあることが明らかとなった。

5. 今後の課題

今回の実験では、イオン窒化条件、鋼種、加熱冷却条件が少なかったために、硬さの観点からは、耐熱性の差が認められたが、耐熱性の高かったSACM645の窒化表面層に微細クラックが発生しSKD11、SCM415には認められなかった要因を明確にできなかった。したがって、今後更にイオン窒化条件、鋼種を増すとともに、真空加熱後の冷却条件を多く取りクラック発生に及ぼす窒化、冷却条件の影響を明らかにするとともに、大気雰囲気加熱における窒化層の性状を調べ、イオン窒化の温間、熱間金型への適応上の基礎的検討を加えたい。