

# 討19 溶融塩浸漬法による炭化物被覆鋼の靱性

(株)豊田中央研究所 工博 新井 透 ○太田 幸夫  
工博 小松 登

## 1. 緒 言

溶融塩浸漬法により鋼の表面に形成された炭化物層は極めて硬く、耐摩耗性、耐焼付性等の性質が著しく優れている。しかし、炭化物層は硬いと同時に、母材である鋼に比べて非常に脆いものであると考えられるため、表面に被覆すれば母材の靱性に何等かの影響があると考えられる。

本報告では、炭化物被覆鋼の靱性に対する炭化物層および母材に關する諸因子の影響を明らかにするとともに、炭化物被覆鋼の破壊挙動について検討した結果を述べる。

## 2. 方 法

3点曲げ抗打試験とアイゾット型衝撃試験の他に、4点曲げ試験および3点曲げ試験において炭化物層にクラックの発生する荷重、ひずみ量を測定した。炭化物層にクラックの発生する時期を調べる方法としては、任意の荷重を負荷後、除荷した試験片表面についてクラックの有無を顕微鏡で観察する方法と、アコースティックエミッション装置を用いて負荷中のクラック発生に伴うノイズを検出する方法(以下AE法と称す)の2種類で行なった。

試験片は、焼なまし状態の各種工具鋼を図1に示す形状に加工したものに、溶融塩浸漬法によりVC、NbC、Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>+Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>(以下G-Cと称す)層を被覆し、冷却時に母材を焼入硬化したもので、処理条件、焼もどし条件をいろいろに変えて試験に供した。また、比較用試験片としてソルトバス焼入したものを後加工なしで用いた。AE法による曲げ試験に用いた試験片の形状は、抗打試験に用いたものと同じであるが、クラック発生に伴うノイズが圧縮側から発生したものが、引張り側から発生したものを区別しにくいため、破断に直接関係すると思われる引張り側だけに炭化物層を形成させるようにした。

各々の試験は図2に示すような方法で行なった。

## 3. 結 果

### 3. 1. 炭化物被覆鋼の靱性

図3は炭化物層種類の違いにより、アイゾット衝撃値、抗打破断荷重がどのように変化するか調べた結果である。これより、これらの鋼に対しては衝撃値、抗打破断荷重とも炭化物層種類の影

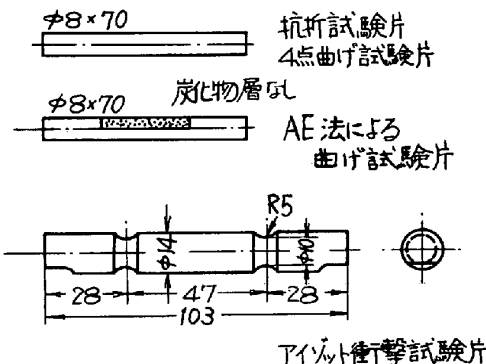


図1. 試験片形状

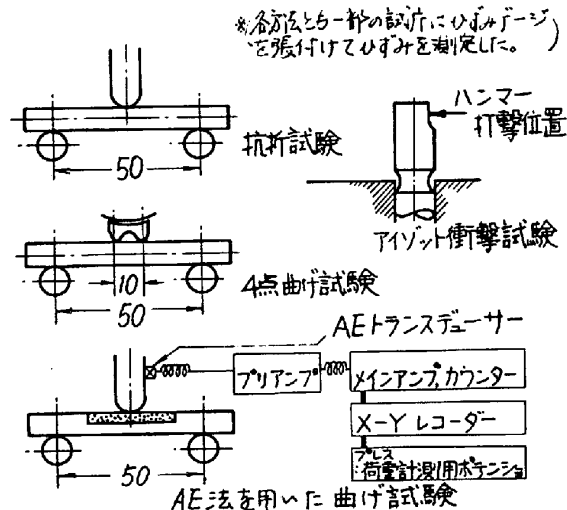


図2. 試験方法

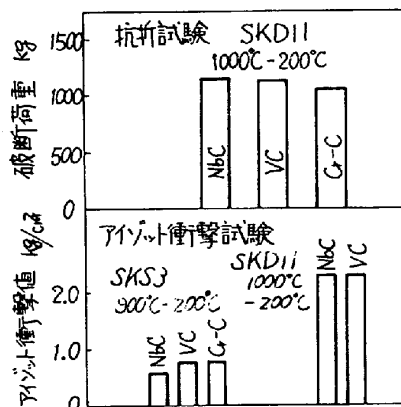


図3. 抗折破断荷重、アイゾット衝撃値におよぼす炭化物層種類の影響

誓はほとんどないと判断した。

図4は各種鋼種の焼入焼もどし鋼、NBC被覆鋼の抗打破断荷重に対する焼もどし温度の影響を見たものである。どの鋼種も200℃低温焼もどししたものにならば、400～700℃の高温で焼もどしたものの破断荷重は高く、500℃以上の高温焼もどしではどの鋼種においても、焼入焼もどし鋼とNBC被覆鋼との間にほとんど差は見られない。

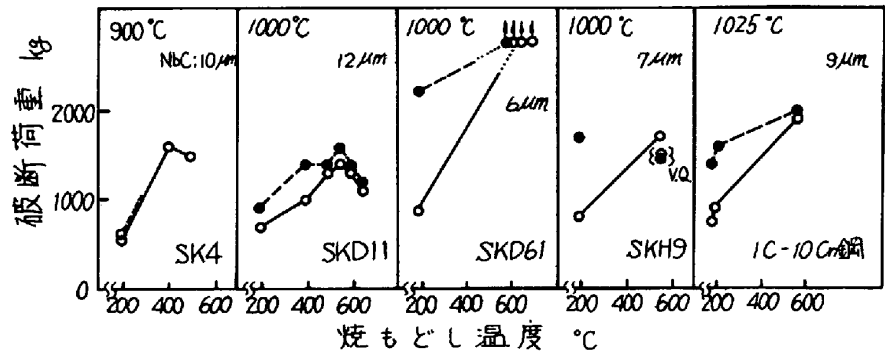


図4 各種炭化物被覆鋼の破断荷重におよぼす焼もどし温度の影響。

SK4では200℃焼もどしの状態においても、焼入焼もどし鋼とNBC被覆鋼との間に差は見られないが、SKD61、SKH9、IC-10Cr-1Mo-0.3V鋼(以下IC-10Cr鋼と呼ぶ)では、焼入焼もどし鋼に比べて炭化物被覆鋼の抗打破断荷重は大きく低下している。またこのときの炭化物被覆鋼の抗打破断荷重は、母材鋼種に関係なくほぼ一定の値となっているのが注目される。SKD11でも焼入焼もどし鋼に比べての低下量は小さいが、同様である。

図5は図4の結果を母材硬さで整理したものであり、図6はその中から特に注目すべきプロットだけを抜き出して示したものである。炭化物被覆鋼の母材硬さと抗打破断荷重の関係は、一般的に焼入焼もどし鋼の場合に見られるのと同じく2つの傾向に別れている。母材硬さの増加とともに破断荷重が低下する傾向のものと、

逆に高くなる傾向のものである。前者に含まれるものは、すべて低温焼もどし鋼であり、後者には高温焼もどし鋼と一部の低温焼もどし鋼が含まれている。後者に含まれる低温焼もどし鋼は、SKD61、SKH9、IC-10Cr鋼の焼入焼もどし鋼であるが、それらにNBC被覆を施すと図6に示すように破断荷重は大きく低下し、前者の範囲に入っている。

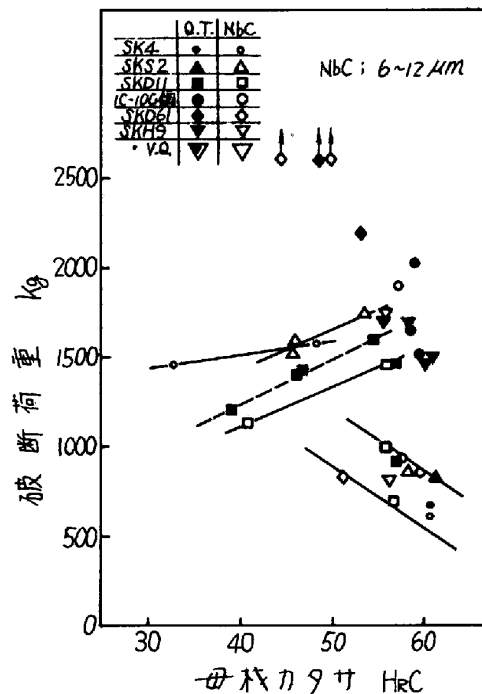


図5. 母材カタサと破断荷重の関係 (1)

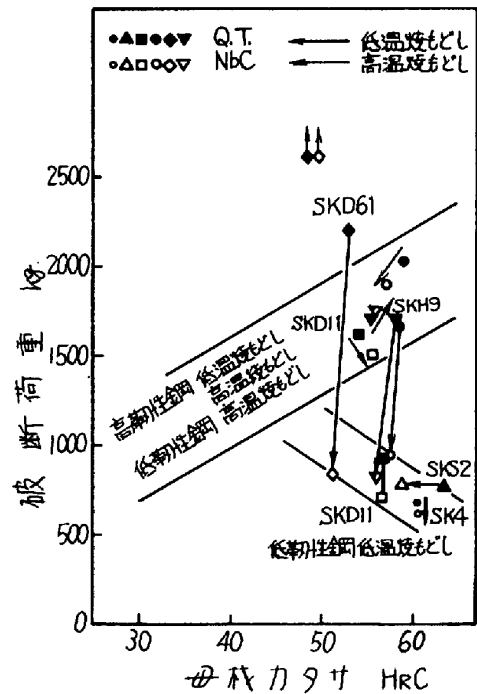


図6. 母材カタサと破断荷重の関係 (2)

図7は、同様の条件で処理した試験片のアイゾット衝撃値である。この場合には200℃焼もどし鋼の抗打破断荷重に見られたような炭化物被覆による低下は見られず、焼入焼もどしの状態で衝撃値の高いものほど炭化物被覆後の衝撃値が高くなっている。

3. 2. 炭化物層のクラック発生

図8は各種鋼にVCを被覆したもののについて、4点曲げ試験を行なったとき、炭化物層にクラックが発生したたわみ量を比較したものである。どの母材鋼種でも、引張り側に比べて圧縮側の方が小さなたわみ量でクラックが発生している。またVCやNBCの場合、母材鋼種の違いによりクラックの発生するたわみ量は、あまり変化しなかった。

図9は母材鋼種を一定にし、炭化物層種類の影響を見ようとしたものである。VCとNBCはよく似た傾向を示し、母材鋼種の影響も小さいが、G-Cはそれとは異なり、母材鋼種SKD11の場合には、圧縮側よりも引張り側に先にクラックが発生した。

図10はAE法を用いた3点曲げ試験により求めた、試験片の引張り側のVC層にクラックの発生した荷重、ひずみ量である。荷重は母材の硬さ、剛性により多分に影響されると考えられるのでひずみ量で比較すると、焼もどし温度、母材鋼種の影響は小さく、0.8~1.0%のひずみ量で引張り側にクラックが発生している。

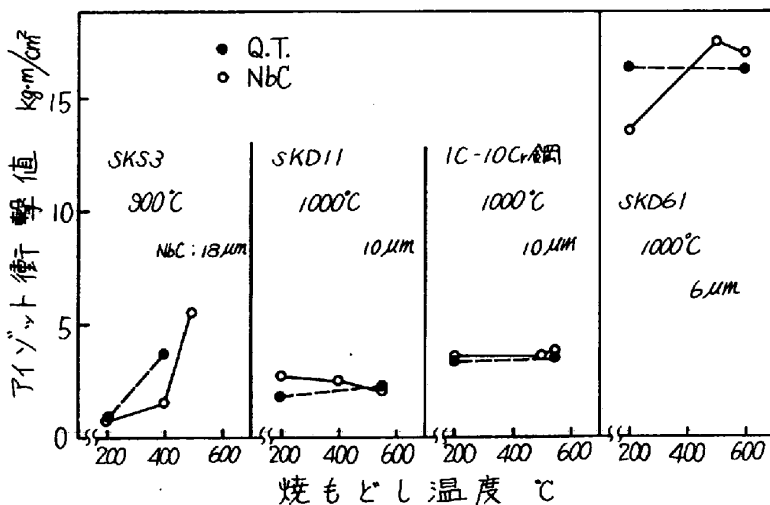


図7. 各種炭化物被覆鋼のアイゾット衝撃値におよぼす焼もどし温度の影響

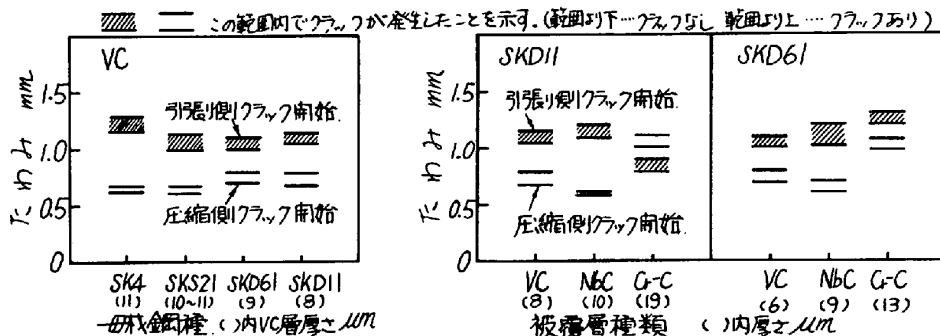


図8. 母材鋼種の違いによるクラック発生たわみ量の比較。(4点曲げ試験)

図9. 各種被覆層のクラック発生たわみ量の比較。(4点曲げ試験)

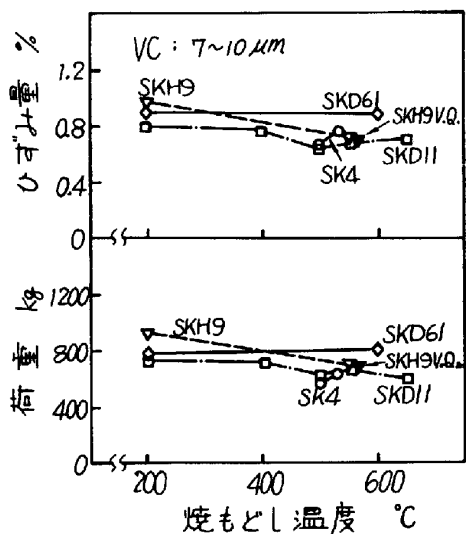


図10. VC層にクラックが発生(引張り側)する荷重、ひずみ量と焼もどし温度の関係。

4. 考察

図11は抗折試験の結果に、AE法を用いた曲げ試験によって得られたクラック発生荷重、およびひずみ量をプロットしたものであり、図12は3点曲げにおける破断たわみ量と4点曲げ試験結果から計算で求めたクラック発生たわみ量の関係を、一部の鋼種について示したものである。この2つの図によれば、どの鋼種においても炭化物被覆鋼は、500°C以上の高温焼もどしの場合には、炭化物層にクラックが発生するよりもっと大きい荷重、ひずみで破壊し、200°C低温焼もどししたSKD11、SKD61およびSKH9では、炭化物層にクラックが発生するのと同じ荷重、ひずみで破断が起っている。200°C低温焼もどししたSK4の場合、図12では炭化物層にクラックの発生するた

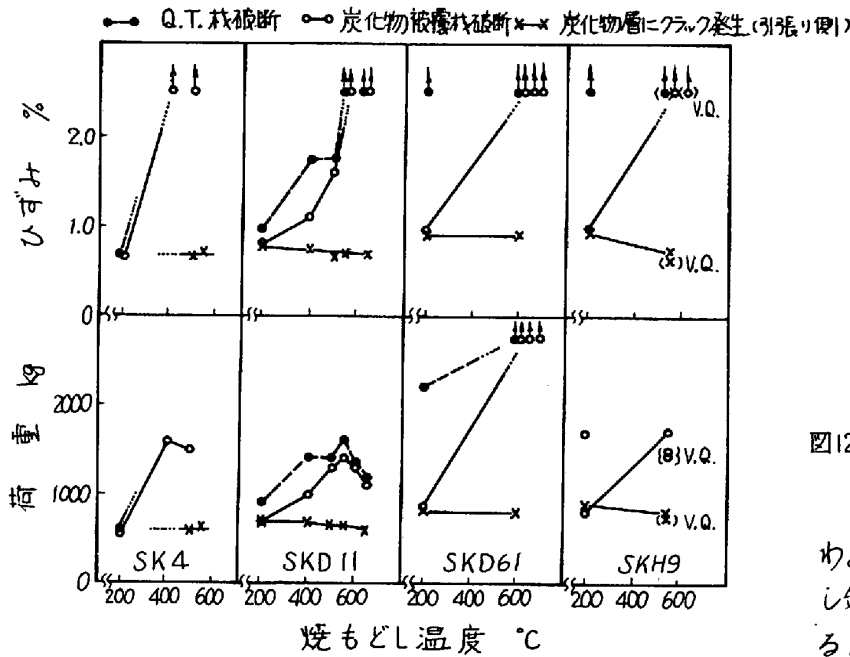


図11. 抗折試験における各種炭化物被覆鋼のクラック発生および破断荷重、ひずみ量と焼もどし温度の関係。

って示したのが図13である。母材が非常に靱性の低い場合には炭化物層にクラックが発生する以前に、高い場合にはクラックが発生してから更に変形が進んだ後、炭化物層のクラックに無関係に母材内のクラック発生によって破断する。したがって、同一条件で焼入処理された同一鋼種の焼入焼もどし鋼と炭化物被覆鋼の間に破断荷重、変形量の差は見られない。中間の場合には、炭化物層内のクラック発生が母材の破断を誘発するために、焼入焼もどし鋼より小さい破断荷重、変形量で破断し、炭化物被覆による靱性の低下が見られる。SKD61の低温焼もどし、SKH9の低温焼入、低温焼もどし、1C-10G鋼の低温焼もどしなどがこれに該当する。

以上のような現象に対しては負荷速度が影響すると考えられる。図7に示したように、衝撃試験の結果では炭化物被覆による衝撃値の低下は見られない。

(文献)

- (1) 新井, 杉本, 小松; 金属表面技術, 28(1977)No.2 P.107
- (2) 新井, 水谷, 小松; 日本金属学会誌 39(1975)No.3 P.247
- (3) 新井, 藤田, 水谷, 小松; 日本金属学会誌 40(1976)No.9 P.925

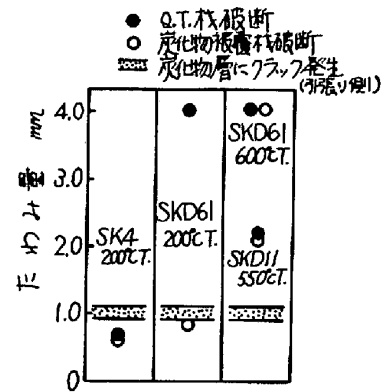


図12. 曲げ試験において炭化物層にクラックの発生したひずみ量と破断したひずみ量との関係。

ひずみより小さいひずみで焼入焼もどし鋼、炭化物被覆鋼とも破断している。

以上の結果を母材の靱性との関連において、縦軸に変形量、横軸に母材の靱性あるいは焼もどし温度をと

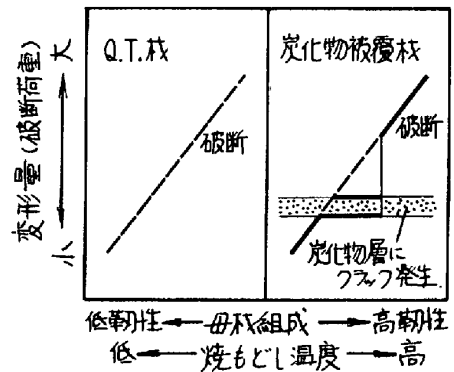


図13. 実用鋼Q.T.材の破断変形量(荷重)と炭化物被覆材の破断変形量(荷重)の比較模式図。