

第9圖 Fe-S 状態圖

の固溶限は減少することが知られ、これは高温曲げ試験の結果が温度が高くなると S の低い方へ移ることと一致する。

次に Mn の龜裂防止作用に就ては、Mn が増加すれば當然 S は MnS となり除去されるか、或は残留しても MnS となつて、これは FeS とは異なり粒界に析出しないのでそのために S の影響を阻止するものとも考えられるが、普通我々の取扱う様な S の低い場合には Mn の影響が果して効果的か否かは疑問で、今後の研究に残された問題である。

尙高温龜裂に關係するものとして一部の人間によつて酸化物の影響が重視されて居る。筆者も勿論これを

無視するものでは無く、實驗中にもその影響を認めたこともあるが、鑄鋼材の様に強度の脱酸を行う場合の酸化物の量は、これらの人々の取扱つた熔鋼に比して一桁位少く、又實驗製鋼作業中試験片が割れて困る時に Mn を添加すれば龜裂は直ぐに軽くなり、その効果は Si よりも格段の差のあること等から普通鑄鋼材に關しては S が最大の影響を有することを強調するものである。

VI 總 括

鑄鋼の高温龜裂に及ぼす材質の影響を總括すれば次の通りである。

1. 高温龜裂に對して成分上最も嫌うべきものは S であり、微量の増加でも龜裂を大きくするので注意を要する。
2. これを防止するには Mn が最も有効であり、Mn と S との間には一定の關係があり、普通鑄鋼としては $Mn > 0.7\%$ 、 $S < 0.01\%$ とすることが必要である。
3. Al も多量に用いると龜裂を大きくするから注意を要する。
4. 其他の成分元素は實用範圍内では殆ど影響しないと見られる。
5. 龜裂發生温度は 1300°C 附近と推定される。
6. 龜裂發生の原因は上記の温度附近で粒界に残留する FeS 系不純物である。(昭22・10月寄稿)

熱間工具鋼の研究 (IV)

熱間工具鋼 (DC) に於けるバナチウムの影響に就て

(昭和23年4月 日本鐵鋼協會講演大會講演)

小 柴 定 雄*
永 島 祐 雄*

STUDY ON THE TOOL STEEL FOR HOT WORKING (IV)

Sadao Koshiba & Sukeo Nagashima

Synopsis:— The authors carried out the experiment of effect of vanadium on the tool steel for hot work by the same method as the first report. As the results of this investigation, it is ascertained that the moderate quantity of vanadium are about 0.3~0.5% for tool steel for hot work containing C 0.25~0.35, Cr 2.5, W 9~11%.

I 緒 言

前報に述べた理由により C 0.25~0.36%、Cr 2.5%、W 10~12% の熱間工具鋼に及ぼす V 0.25~0.8% の影響を研究し、V の効果を確めた。

* 日立製作所安來工場

II 試料

本研究に供した試料の化学成分は第1表に示した。A類の試料群は C 0.25~0.29%, Cr 2.5%, W 10%

第1表

| 分類 | 試料 符 號 | C | Cr | W | V |
|----|-----------|------|------|-------|------|
| | | | | | |
| A | D 24 | 0.28 | 2.45 | 9.83 | 0.25 |
| | D 25 | 0.25 | 2.44 | 9.84 | 0.32 |
| | D 26 | 0.29 | 2.51 | 9.87 | 0.37 |
| | D 27 | 0.26 | 2.51 | 9.20 | 0.53 |
| | D 28 | 0.26 | 2.48 | 9.75 | 0.73 |
| B | D 29 | 0.36 | 2.43 | 11.90 | 0.29 |
| | D 30 | 0.34 | 2.52 | 11.70 | 0.39 |

に對し V を 0.25~0.8% に變化し、又 C 0.35%, Cr 2.5%, W 12% に對して V を 0.28~0.40% に變化した B 類の試料を調製した

III 變態點の生起狀況

前述(1)と同様本多式熱膨脹計を用い、各試料の爐中及び空中冷却による變態の生起狀況を測定した。その結果を第2表に示す。C 約 0.26% の試料群に於て加熱變態の開始及び終了溫度は V 含有量を増す程稍上

第2表

| 試料 | 加熱變態 | | 冷 却 變 態 | | | |
|------|------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | 開始 | 終了 | 爐 冷 (5°C/mm) | | 空 冷 | |
| | | | 開始 | 終了 | 開始 | 終了 |
| D 24 | 820 | 875 | 820 | 755 | (650) 300 | 220 |
| 25 | 840 | 880 | 825 | 760 | 710 | — |
| 26 | 830 | 880 | 815 | 760 | (665) 285 | 220 |
| 27 | 870 | 910 | 840 | 780 | (710) 240 | 205 |
| 28 | 870 | 910 | 840 | 780 | (740) 270 | 215 |
| D 29 | 830 | 885 | 820 | 745 | 305 | 205 |
| 30 | 835 | 865 | 815 | 725 | 310 | 215 |

昇する。又冷却の際の變態點も V 量を増す程上昇するが、V 約 0.5% 以上は殆んど變りない。C 0.29 及び 0.35% の場合にも加熱變態の生起狀況は前述と同様であるが、冷却の際の變態點は余り大差ない。尙大屋氏の研究(3)(4)(5)によると Fe-C 系合金に V を添加すると A₁ 變態點を上昇し約 0.2% V の添加によつて 10°C、約 0.5% V の添加によつて 15°C 上昇するがそれ以上 V の量を添加しても變態點は變らない。

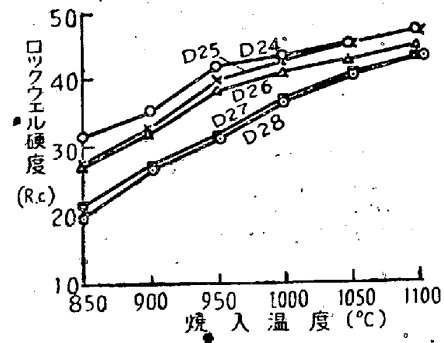
次に空中冷却の場合の變態の生起狀況を見るに C 0.26~0.29% の試料に於て各 V 量共前述の如く二段に變態を生起し 200~300°C 附近に Ar' 點を現はす。而して C 0.35% の場合には V 0.28 及び 0.39% の兩試料共 300°C 附近に Ar' 點を生起し、自硬性大なることが首肯される。これらの理由に就ては次の如く考えられる。即ち V は元來 W と同様 C との親和力が強いが此種合金系に於ては前述(2)の如く W を主體とした複炭化物を形成し、V はこれに固溶するものと考えられる。尙又一部は地質にも溶解する。ところで V 量を増す程地質の C 量を減少し従つて大洲田の安定度を減少する。それ故急冷によつても大洲田の一部は容易に變態を高温度に於て生起し吐粒洲を生じ硬度を減少する即ち自硬性を減少するのである。

尙 V 量と共に C 量を増加する時は地質の C 量も高く且大洲田に於ける複炭化物の溶解度をも増しその大洲田を安定ならしめる爲自硬性を増大するものと考えらる。

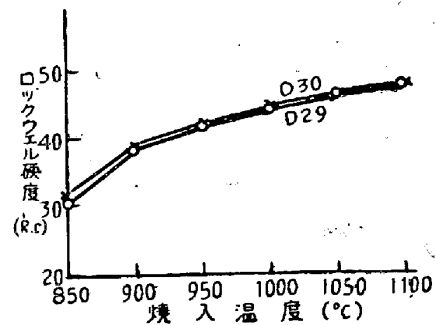
IV 熱處理による硬度の變化

(1) 焼入硬度に及ぼす最高加熱溫度の影響

前述の如く各試料は充分焼鈍し、試験に供した。先づ各試料を 850~1100°C の最高加熱溫度から油中に焼入し、焼入硬度に及ぼす V の影響を調べた。その結果を示したのが第1圖及び第2圖である。但し焼入溫度に保持する時間を 30 分とした。各試料共最高加熱溫



第1圖 焼入溫度と硬度との關係(試料 D24—28)

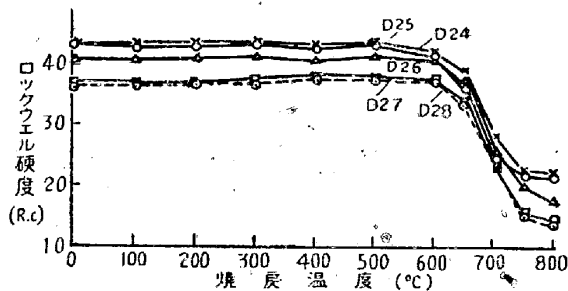


第2圖 焼入溫度と硬度との關係(試料 D29—30)

度を上昇する程焼入硬度を増大する。而して C0.26% の場合の A 類の試料に於て V 量を増加する程最高加熱温度による硬度増加の割合は多い。これは前に述べた熱膨脹曲線からも首肯される、尙 V を増加する程各焼入温度共硬度を減少する、然し V0.5% 以上は殆んど大差ない。C0.3% の B 類の試料群に於ては焼入温度 900°C 以上は第 2 圖に示す通り硬度増加の割合は比較的緩慢である。而して V 量高い程各焼入温度共硬度は稍高い。次に各試料の 1000° から油中焼入した場合の顕微鏡組織を観測した。V 含有量を増加する程地質に溶解しない複炭化物を増し尙一部吐粒洲が現はれている。

(2) 焼戻温度と硬度との関係

次に焼戻硬度に及ぼす V の影響を見る爲、900°, 1000° 及び 1100° から焼入した各試料の焼戻温度と硬度との関係を調べた。その結果を第 3 圖に示した。



第 3 圖 D24—D28 試料の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1000°C)

焼入温度 900° の場合には各試料共 500° までは硬度の變化少く 600° 以上は減少する。1000° 及び 1100° の場合は 600° 附近までは殆んど變化なく 650° 以上は急激に減少する、而して 650° 以上に於ける各 V 量の硬度の差は焼入温度を上昇する程少くなる、殊に 1100° の場合然りである。

又 C0.35% の B 類の試料に於ても略同様であるが、此の場合には V 量高い方焼戻による硬度は僅かに高い。ところで焼入温度 1100° の場合には殆んど變りない。

(3) 焼戻時間の影響

V 含有量の反覆加熱及び冷却による硬度の變化に及ぼす影響を見る爲各試料を 1000° から油中焼入し、之を 600° 及び 700° の温度に反覆加熱し、その硬度の變化を調べた。加熱温度 600° の場合には A 類の試料に於ては各 V 量共最初 30~60 分迄は殆んど變りなくそれ以上は徐々に硬度を減少する。ところで V 量を増加する程反覆加熱による硬度の減少程度は少い、即ち焼戻軟化に對する抵抗大である。

V 高温硬度試験

前報告⁽¹⁾と同様の方法により V 量異なる各試料の高温硬度を測定し、高温に於ける性能を確かめた。

(1) 試験温度と高温硬度

1000° から油中焼入し、650° に焼戻した試料を 200°~800° の試験温度に 30 分保持し高温硬度を測定した。その結果を示したのが第 4 圖である。(圖省略) これにより V 量の高温硬度に及ぼす影響が知られる。尙各試料の熱処理硬度を第 3 表に示した。各試

第 3 表

| 試料 | 焼入焼戻硬度 (Rc) |
|------|-------------|
| D 24 | 36.0 |
| 25 | 37.8 |
| 26 | 38.7 |
| 27 | 37.0 |
| 28 | 34.7 |
| D 29 | 40.5 |
| 30 | 41.5 |

料共前述と同様 600° までは比較的徐々に高温硬度を減少するも 650° 以上は急激に減少し軟化する。C0.25~0.29% の試料群に於ては V0.37% (C0.29%) の場合高温硬度最も高くこれ以上 V 量を増す程減少する。C0.35% の B 試料群に於ては同様 V0.39% の方 0.28% の場合より高温硬度は稍高い。これが理由は前に述べた通りである。

上述の實驗結果から C 量 0.29~0.36% の場合には V 量は 0.3~0.4% が最も適當なることが知られる。而して C 量を増す程 V 量をも高目にする必要がある。

(2) 高温硬度に及ぼす焼入及び焼戻温度の影響

次に各試料の焼入及び焼戻温度の高温硬度に及ぼす影響を見る爲先づ焼入温度を 900°, 1000° 及び 1100° の 3 種とし、焼戻温度を 650° に一定とした場合の高温硬度の變化及び焼入温度を 1000° 一定とし焼戻温度を 300°, 650° 及び 700° の 3 種に變化した。

前述⁽¹⁾と同様各試料共焼入温度を上昇する程高温硬度を増大する。これが理由も前に述べた通りである。

次に焼戻温度の影響を見るに 300° の場合最も高く 650° に於ては僅かに減少し、700° に於ては前述の通り著しく減少し軟化する。

VI 高温衝撃試験

次に高温に於ける靱性を見る爲各試料を 1000° から

油中焼入後 650° に焼戻し前述⁽⁴⁾と同様シャルピー衝撃試験機により高温に於ける衝撃試験を行った。その測定結果は第5圖に示した。(圖省略)但し各測定値は2本の試料の平均値を示した。試験温度に対する衝撃値の関係は前述⁽⁴⁾と同様である。即ち各試料共常温の場合は衝撃値低きも試験温度を上昇するに従い急激に靱性を増し 500~600° 附近で極大を現はし 700° 以上は急激に増大する。尙 C 0.25~0.29% の場合 V 量約 0.5% に於ては高温硬度は稍小なるも衝撃値高く即ち靱性大なることが首肯される。

VII 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) C 0.25~0.35%, Cr 2.5%, W 10~12% の熱間工具鋼 DC に及ぼす V 0.25~0.8% の影響を研究した。

(2) C 0.26% の場合 V 含有量を増加する程加熱及び冷却の際の變態点を上昇する。但し冷却の際の變態点は V 0.5% 以上は殆んど變りない。C 0.29 及び 0.36% の場合には V 0.25~0.40% によつて冷却の際の變態点には余り大差ない。

(3) 850~1100° の6種類の最高加熱温度による焼入硬度を測定し、又焼戻による硬度の變化をも求め V の効果を明かにした。

(4) 1000° から焼入した試料の 600° 及び 700° の温度に反覆加熱及び冷却による硬度の變化を調べ焼戻軟化に対する V の影響をも確めた。V 量を増す程焼戻軟化に対する抵抗は概ね増大する。

(5) C 0.25~0.29% に於ては V 量約 0.35~0.40% の範圍のものが高温硬度も高く又靱性も比較的大である。C 0.36% に於ては V 約 0.4% の方 0.3% の場合より高温硬度は大である。衝撃値は僅か劣る。

(6) 上述の研究の結果から熱間工具鋼として C と V 量とは極めて密接な關係に存する。即ち一定 C, W, Cr 量に對し適當な V 含有量の存することを明かにした。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に深甚なる敬意と感謝の意を表する。(昭 23・10 月寄稿)

参 考 文 献

- (1) 小柴, 永島, 熱間工具鋼の研究 第1報 “鐵と鋼” No. 4 1949 (昭24—4月)
- (2) 小柴, 永島, 熱間工具鋼の研究 (第3報) “鐵と鋼” No. 7 1949 (昭24—7月)
- (3) 大屋, 金屬の研究 5 (1928), 349
- (4) " " " 5 (1928), 434
- (5) " " " 7 (1930), 632

冷間壓延用鍛鋼焼入口ロール

(昭和 23 年 10 月 日本鐵鋼協會講演大會講演)

足 立 彰**

FORGED STEEL WORKING ROLLS FOR COLD-ROLLING MILLS.

Akira Adachi.

Synopsis: The development of heavy cold-rolling operations of the backed-up type has drawn attention to the rolls employed. The paper is a record of the pioneer's research and experience with the large working rolls in Japan. The process of manufacturing steel ingots with basic electric furnace and then forging, quenching, machining, grinding, and finally inspecting methods are discussed. The stress relationships occurred in quenching period are also discussed. Some suggestions are advanced for improving cold roll performance.

§ 1 緒 言

冷間壓延作業に於ける諸要求が次第に高まつて來たので近年では二段壓延機より多段壓延機に變つて來

た。これに依つて仕事量は増大し均等なる優良製品が生産される様になつた。特に高級なる四段壓延機を串型に幾つも設置し高速度にて強い壓下率の下で連續して長大な板を冷間壓延する設備は北米合衆國に於て自

** 大阪大學工學部助教授