

(307) 耐熱合金鋼の機械的諸性質に関する研究
(耐熱合金鋼に関する研究 1)

いすゞ自動車

神谷正彦, 糸内谷峻徳, 久松定興, 高沢肇

東京大学工学部

藤田利夫, 山田武海

1 緒言 自動車, 車両, 船舶などに使用されているディーゼルエンジンの予燃焼室は長時間にわたり高温で連続して使用される場合が多く従来のような18-8系耐熱合金(例19-9DL), LCN-155, S816 などでは高温腐食の点で寿命が著しく短い。またFe-Cr-Al合金では高温腐食が優れているが高温強度が低い為使用できない。そこで本研究では高温酸化性を30%Cr, 高温硫化性を10%Niにより防止すると共に地鉄を安定にするためCoを5~25%, および合金元素(Mo, W, Nbなど)を数%添加したFe-Cr-Ni-Co系耐熱合金鋼について研究を行った。これらの研究により優れた耐高温腐食性および高温強度の優れた耐熱合金鋼を用いることができた。

2 供試材および実験方法 0.3%C-28%Cr-10%Ni系耐熱合金鋼(HE)にCo 5~60%, HE合金鋼に7%Mn+1%Mo+1%W+0.5%Nbを添加したものにCo 5~15%, HE合金鋼に1%Mo+1%W+0.5%Nbを添加したものにCo 5~25%を加えた試料を高周波電気炉で50kg大気溶解しこれを精密鑄造して各種試験の試料を作製した。試験は常温および高温硬さ試験, 常温引張り試験, 熱疲労試験, クリープ破断試験などを行った。またこれらの合金で予燃焼室を作り実際のエンジン試験を行った。

3 実験結果 (1) 常温硬さ 30Cr-10Ni系合金鋼にCoを添加すると鑄造のままの硬さはCo約15%で最低硬さを示す。一方これら合金の高温時効(920°C×13.3h ⇔ 1000°C×5h, 35回計830h)による硬化量はCo増量により低下しCo 25%で硬化量がほとんどなくなる。また26Cr-10Ni-7Mn系合金鋼にMo, W, Nbなどを添加したものにCoを添加するとCo約10%で鑄造状態の硬さは最低値を示し, 高温時効による硬化量は前述とは逆にCo増量により増加する。

(2) 高温硬さ 30Cr-10Ni系合金鋼にCoおよびMo, W, Nbなどを添加した試料は800~900°Cの高温硬さがかなり高くなる。これはCoによる固溶強化およびMo, W, Nbなどによる炭窒化物に起因するものと考えられる。

(3) 常温引張り強さ 鑄造のままの試料の引張強さと化学成分との相関性は全般的に認め難い。28Cr-10Ni系合金鋼にCoを添加すると伸びは漸増し, Mn, W, Nbなどの存在により伸びは著しく増加する。また高温時効後引張試験を行うとオーステナイトの安定したもの程, 鑄造のままのものに比し伸びの低下量が少ない。これはσ脆化によるものと考えられる。

(4) 熱疲労強さ 28Cr-10Ni系合金鋼における熱疲労強さにおよぼす化学成分の影響は次の通りである。0.2~0.5% Cの範囲においてはC増量により熱疲労強さはやや向上する。Mnはmassiveなσ相析出を促進し, 高温時効により熱疲労強さを低下させる。Fe-Nと共存する場合はその効果は明白でない。Crを増加させると熱疲労強さを低下させる。高Cr合金鋼では熱疲労強さを向上させるには多量のNi又はCoを必要とする。Coを添加すると熱疲労強さを向上させる。合金元素(Mo, W, Nb, など)は熱疲労強さの向上に有効である。Sは熱疲労強さに対しては有害である。30Cr-10Ni系合金鋼における30C+20N+Coとの関係は図1のごとくなる。熱疲労試験後の試験片組織観察から亀裂の起点は樹枝状結晶粒界近傍, 粒界内にあるが粒内の方が多く亀裂の進行は貫粒型である。850°C, 100hの高温時効により常温の靱性低下にもかかわらず熱疲労強さは増大する。しかし時効時間が長時間になると逆に低下することが予想される。

(5) クリープ破断強さ クリープ破断試験は予燃焼室が使用されると予想される温度

900℃で行い、時間は1~200 時間程度の試験を行った。30Cr-10Ni系、28Cr-10Ni-8Mn系にCoを添加すればクリープ強さおよびクリープ破断強さを増し、その効果は前者ではCo量に比例して増大し、後者では低Co程顕著である。

図2に30Cr-10Ni系、28Cr-10Ni-7Mn系 鉄鋼のクリープ破断強さにおよぼすCoの影響を示す。Cr, Siはγ相の析出を促進させるため、クリープ強さおよびクリープ破断強さを低下させる。またγ相の析出は定常クリープ時間が短くなる。Mnはクリープ強さおよびクリープ破断強さをまますが、クリープ破断伸びはあまり変らな。この外Bの効果も調べたが、クリープ破断強さを高くする作用があるが、クリープ強さには大きい影響をおよぼさないで定常クリープ時間を長くするとともに三次クリープを改善する。

(6) 寿命試験 本実験に使用した各試料のエンジン寿命試験を行ったが、28Cr-10Ni系鉄鋼(HE)にCoおよびMo+W+Nbを添加したものはHE鉄鋼に比して非常に優れた長寿命のものが得られた。これらの鉄鋼は、クリープ破断強さ、熱疲労強さ、および高温硬さが優れていることから、これらの試験を行なうことにより長寿命の材料を推定することができる。

4 結言 以上の試験結果から次の結果が得られる。(1) 30Cr-10Ni系、28Cr-10Ni-7Mn-1Mo-1W-0.5Nb系、28Cr-10Ni-1Mo-1W-0.5Nb系 鉄鋼に5~25%のCoを添加すると、常温引張り強さ、900℃の高温硬さを高めることができる。

(2) 30Cr-10Ni系鉄鋼においては、Mn, Crなどを添加すると熱疲労強さを低下するが、Co, Mo, W, Nbなどを添加すると熱疲労強さを高める。

(3) 900℃のクリープ破断強さ、熱疲労強さ、高温硬さなどのすぐれた耐熱鉄鋼はディーゼルエンジンの予燃焼室としてすぐれた性質を発揮する。

これらの実験により得られた新しい耐熱鉄鋼 0.3% C - 28% Cr - 10% Ni - 10~25% Co - 1% Mo - 1% W - 0.5% Nb はディーゼルエンジンの予燃焼室に使用されているが、従来の18% Cr - 10% Ni, LCN-155, S-816, HE, などにおける問題は、現在解決され好成绩をおさめている。

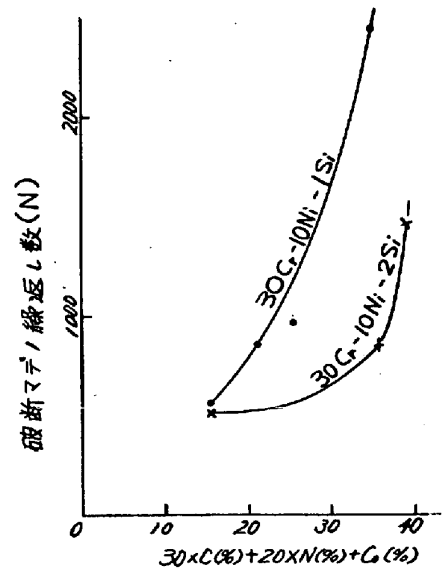


図1 熱疲労強さと30C+20N+Co量の関係

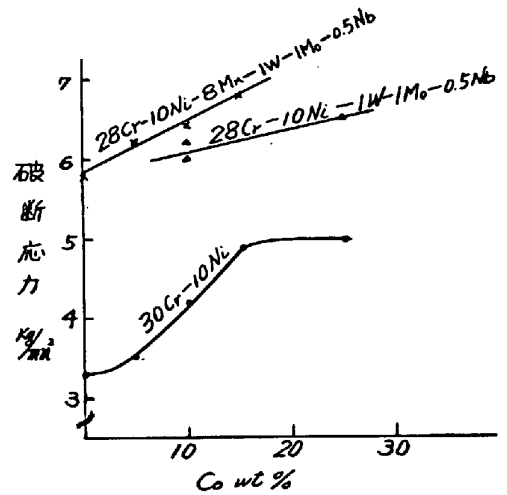


図2 クリープ破断強さとCo量の関係