

討 15 鉄鋼の靱化 (toughening) と TRIP 鋼

京都大学工学部

田村 今男

鉄鋼を強化すると靱性は下り、両立させることは非常にむづかしいが、我々は常に少しでも強く、靱性のある鋼を求めている。そして従来、高張力鋼 ($50 \sim 100 \text{ kg/mm}^2$) や超強靱鋼 (200 kg/mm^2 以上) を着々と研究開発してきたわけである。しかし、これらの研究は主として強化するという姿勢で研究が行なわれ、延性 (ductility) や靱性 (toughness) はあたりに勝負で、靱性が不足すれば、強度を少し犠牲にすることによって補ってきた。そこには積極的に靱化 (toughening) しようとする姿勢が乏しかったように思われる。

V. F. Zackay, E. R. Parker, D. Hale and R. Bush (ASM Trans. Quart., 66 (1967) p. 252) は 200 KSI (140 kg/mm^2) 以上の強度をもつ鋼で、積極的に靱化しようと考えた。これは、非常に強靱な鋼を開発する一つの新しい方向を示したものと注目される。その原理は、オースフォームによって強化し、変態誘起塑性 (transformation induced plasticity) によって靱化しようとするもので、これを TRIP 鋼と呼んだ。

オースフォームによって顕著な強化をおこさせるために、C, Mo, V を添加し、応力誘起塑性による靱化をおこさせるために、その M_d 点を室温 (使用温度) 以上で、しかもオーステナイトが多量に残存していることが必要である。さらに、変態誘起塑性によって延性、靱性を十分に発揮することは、いわゆる超塑性 (super plasticity) の要因を導入することを意味し、二相共存して変態誘起塑性をおこすこと、加工硬化係数が適当に大きく、ネッキングをおこさないこと、結晶粒が微細であること、が要求される。また、オーステナイトの積層欠陥エネルギーが低い方が応力誘起変態をおこしやすく、強化にも有効であろうと思われる。彼らは表に示すような鋼を使用しているが、これが最高の組成であるかどうかについては今後の研究にまたなければならぬが、C, Mo によってオースフォームの効果を上げ、Cr, Ni, Mn, によって M_d 点を調整し、Mo, Si によってオーステナイトを強化し、Mn などによってマルテンサイトを強化しようとしているような意図がうかがわれる。これらの鋼を 450°C 附近でオースフォームし、サブゼロしてマルテンサイト変態をおこさせ、場合によってはこれをさらに室温加工して、強化させると同時にマルテンサイト量を加減して、 400°C で焼もどしする。これによってオーステナイトがかなり残存した状態で、強化している。強度はオースフォーム加工度、室温加工度、マルテンサイト量などに従って強化し、延性は 20% オースフォームまでは上昇し、それ以上では、強化すれば延性は下るが、Y. S., 122 KSI, T. S., 168 KSI で伸 81%; Y. S., T. S. 共に約 300 KSI で約 25% の伸を示す。これらの強度と延性の組合せは全く驚くべきものである。ネッキングをおこしにくい事が一つの大きな特徴である。

V. F. Zackay から送ってきた映画を上映する。この中で平行延びの大きいこと、切欠試片においても少し固くなったモリを引さくように破断し、決して割れが走らない。靱性の高いことが如実に示されている。

TRIP 鋼を紹介して、靱化に対する積極的な姿勢を呼びかけるものである。

表 2, 3 の TRIP 鋼の化学組成

試料	化学組成 %					
	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	C
A-2	8.8	7.60	4.04	2.08	1.96	0.25
A-3	8.80	7.80	4.00	0.92	1.90	0.25
B		24.40	4.10			0.25
C		22.0	4.00	1.48		0.23