

日本鋼管(株)技術研究所 ○高野俊夫 山田 真

1. 緒言 超伝導・核融合、液体水素エネルギー等の利用技術の実用化にともない、超低温（液体窒素（LN<sub>2</sub>）温度以下）での使用に耐える構造材料の開発が活発に行なわれるようになってきた。それに伴い、超低温域での鋼材特性を知るための各種材料試験が必要となってくる。しかしながら試験温度が液体ヘリウム（LHe）温度付近まで低下すると、材料の熱容量が減少すること、試験温度と環境温度との差が増大することなどにより、LN<sub>2</sub>温度以上の場合に比べて材料試験は困難となる。本報告では、LHe温度付近における引張試験およびシャルピー衝撃試験方法についてのべる。

2. 実験方法 LHe温度における引張試験は、LHe用クライオスタット（Fig.1）中にて、同時に3本の試験片を順次にできるマルチ式引張治具を用いて実施した。LHe温度付近のシャルピー衝撃試験は、LHe中から大気中に試験片を取り出して行う場合、急激な温度上昇を伴うので、試験片をLHeで連続的に冷却しながら実施する必要がある。そこで本実験では、J.W.Morris, Jr.らの提案<sup>1)</sup>を基に断熱材で作った箱（断熱箱、Fig.2）中に試験片を装入し、シャルピー試験機アンビル上でLHeによる冷却を行いながら、断熱箱ごと衝撃試験を行う方法を採用した。断熱箱の外殻は板厚1mmのポリカーボネイト板を用いて作製し、断熱材はスタイロフォームを用いた。外殻とスタイロフォームとの接合、外殻と出入口パイプの接合にはそれぞれ両面スコッチテープ、アラルダイトを用いた。LHe温度付近の温度測定には、（金+0.07%Fe-クロメル）熱電対を用いた。供試材はTable1に示す、3.8%Ni鋼およびオーステナイト系合金SUS304L、非磁性高Mn鋼である。

3. 実験結果 (1) LHe温度の引張試験においては、鋸状応力-歪線図が得られ、急激な荷重低下時には衝撃音を伴う。さらにいずれの試験片にも多重の局部変形を示すくびれが認められた。  
 (2) 断熱箱にLHe注入後約2分で5~6Kに到達し、1回の試験に要するLHeは約3ℓである。  
 (3) 断熱箱自体の破壊が吸収エネルギー値に占める量は高々5 Joule以下である。  
 (4) 供試材のLN<sub>2</sub>温度以下での温度低下による吸収エネルギーの低下は小さく、脆性破面はいずれも認められず、優れた靱性を示すことが明らかとなった。（Fig.3）

Table 1. Chemical compositions of steels

Steels	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
3.8%Ni steel	0.06	0.12	1.46	0.006	0.002	3.8	0.37	0.41
18-8 steel	0.015	0.30	1.46	0.012	0.005	9.6	17.36	-
HighMn steel	0.32	0.36	24.8	0.032	0.008	-	1.73	-

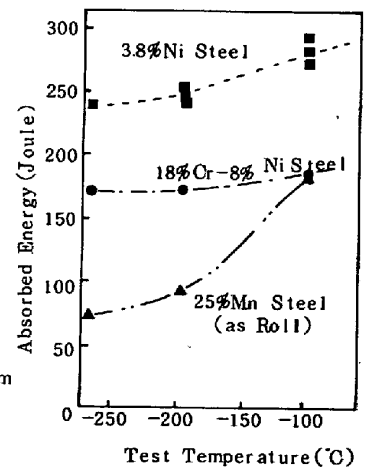
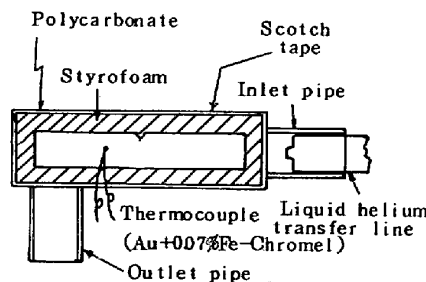
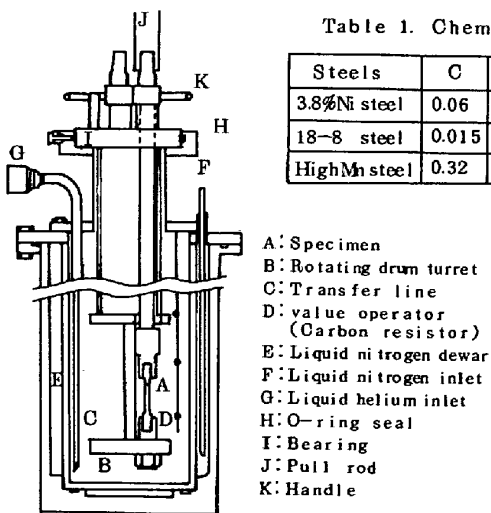


Fig.1. Cryostat for multiple-specimen testing in liquid helium

Fig.2. Schematic illustration of specimen packing

Fig.3. Test results of Charpy impact testing

1) S. Jin, W. A. Horwood, J.W.Morris, Jr., and V.F.Zackay: Advance in Cryogenic Engineering 19 (1974) 373