The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	金属材料の低温ぜい性
Author(s)	堀, 茂徳
Citation	大阪大学低温センターだより. 1975, 11, p. 9-11
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/4499
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

金属材料の低温ぜい性

工学部　堀　茂徳（吹田 4410）

鋼は強くて靱いという際立った特性をもっているので，あらゆる工業分野の機械，構造物，器具の構成材料として多量に使用されている。最近工業設備，構造物で破壊事故があり，大きな被害をおこすことがある。これらの事故の原因にはいろいろあって，数多くの因子が複雑にからみあうことが多いが，構成材料の破壊に関連したものもある。

もともと，もろい材料が外力によって破壊するときは，もちろんぜい性破壊であるが，普通の温度では強靱な材料であっても，低温度のときにぜい性破壊することがある。ある温度に達するとぜい性破壊をおこす温度は靱性ぜい性遷移温度と呼ばれ，この温度を知ることは工業材料にとって，とても大事なことである。遷移温度は温度をかえて，例えば衝撃試験をするとある温度範囲でもろくなり，この衝撃値ー温度曲線から容易に知ることができる。

遷移温度は試験片の寸法が大きいほど，ひずみ速度が大きいほど高くなり，切欠きのある試験片では鋭い切欠きほど高くなり，応力がかかる条件に非常に敏感である。それ故に材料にむやみに切欠きをつけたり，増面を急変させるような設計，使用はつとめて避けねばならない。

遷移温度が常温以上であるような合金を大きな設備，構造物に用いるとぜい性破壊の危険がある。特に低温度で使用する材料では，遷移温度の低いものが要求される。例えば，ＬＮＧを運ぶ船についてみれば，ＬＮＧの主成分であるメタンが大気圧下で－162℃以下の温度で液化するから，そのタンクの材料としてアルミニウム合金，ステンレス鋼を使っている。体心立方構造（ｂｃｃ）金属は低温ぜい性をおこすが，面心立方構造（ｆｃｃ）金属ではこれがないからである。タンク内の低温度が直設船体に伝わらないようにすることはもちろんである。ここでステンレス鋼でもオーステナイトステンレス鋼に限られることになる。18－8 ステンレス鋼は高温度から徐冷したときに常温でオーステナイト組織になる限界に近い組成である。それで平衡状態では常温でオーステナイト単一相でなくて，僅かのフエライトおよび炭化物を共存しているから，1050～1100℃ の高温に加熱して炭化物を固溶させて急冷し，準安定のオーステナイト組織にしている。しかし18－8 ステンレス鋼は使用時に外部から加工を与えたり，低温度に冷却するとマルテンサイトが生成するので，低温材料としてはニッケルの更に多い鋼がよい。36％ Ni 鋼は－200℃ 近くまでｆｃｃ 構造を保っている。オーステナイトは低温ぜい性を示さないので冷凍工業，石油精製，液化ガス工業に多く用いられ，また，超電導現象の工業的応用としてクライオスタット材料に利用されようとしている。しかし低温装置や航空機材料として靱性のみでなく同時

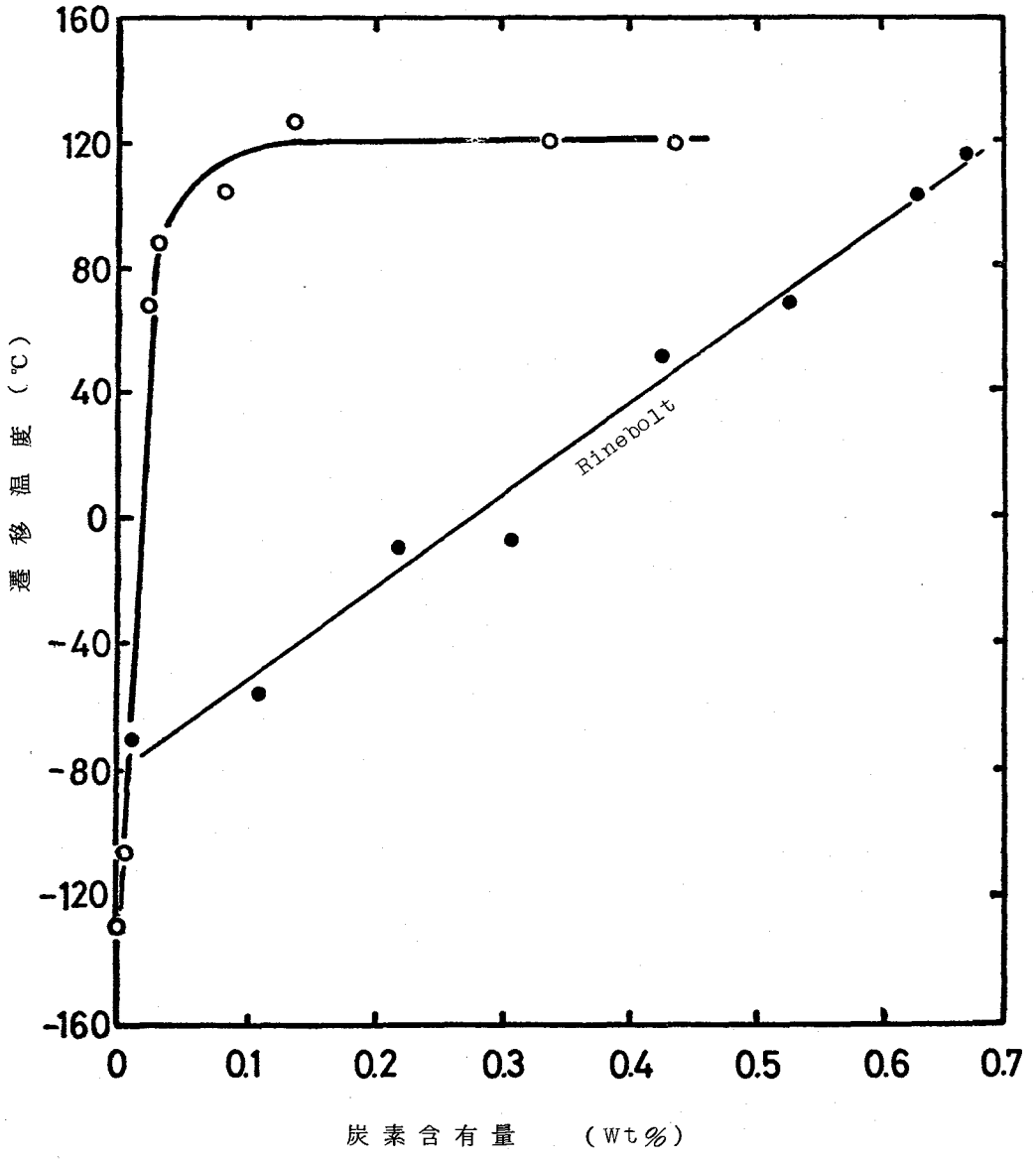
に強度を要求することが多い。一般にオーステナイト鋼はフエライト鋼よりも弱いので，強度を必要とする場合には低温度でフエライト系の強度のオーステナイト系の靱性が望まれる。9％Ni低温用鋼はこの二つの要求を折喪した鋼である。オーステナイト地にα相が存在し，またσ相などの異相が析出すると低温ぜい性に影響するので低温特性は工業材料として極めて重要なデータである。

普通鋼材はbcc のフエライト系であり，α鉄における炭素の遷移温度に対する影響が大きな関心事となる。純鉄中に酸素，窒素が多く存在すると結晶粒界ぜい性割れが生じ易い。普通鋼では炭素が多いので酸素は数十ppm 以下になるので実際上には炭素の影響が大きいということになる。

鉄中に炭素が増すと遷移温度が上る。固溶限を越えて入ると炭素化物が主として粒界に現われるようになり，これが割れ発生につながりやすい。炭化物量が更に増すと遷移温度が更に上るとされる。

McMahon は 0.005％C鉄をオーステナイト状態から各温度まで徐冷して，それぞれの温度から焼入ると，冷却中に炭化物が析出した試料では液体窒素温度の引張りで粒内割れをおこすが，炭化物を含まないものでは粒界割れであることを認め，このことから劈開割れは炭化物が存在するか否かによってきまるとした。しかしながら，炭素含有量の異なる試料についてのわれわれの研究によると，劈開割れが生ずる焼入温度は鉄中の炭化物の溶解度曲線と直接関係がないことが認められた。

一方，鉄の遷移温度に対する炭素含有量の影響について，古くよりRineboltらの結果が信じられて来た。それによると図中○印のように炭素が増えると遷移温度は上ることが示される。ところが，彼らの研究では炭素以外の不純物元素の不純物元素の影響およびα鉄の結晶粒度のちがいが考慮されていない。図中の○印は高純度鉄の炭素による遷移温度の変化を示したものである。試料は結晶粒度，不純物元素の影響を除いている。炭素が増して炭化物がある程度存在するようになると，以後遷移温度は炭素量によりほとんど変わらなくなる。劈開割れの発生にはある量の炭化物が必要であった。これとRineboltの結果とのちがいは，主にMn の存在に基因していると考えられる。彼らの試料はMn が1％程度含まれている。遷移温度に対する微量Mn 原子の影響については窒素の結晶粒界への偏析をおさえるとか，低温での交叉すべりを助長するなどの考え方があって定まっていないけれども，Mnが存在すると炭化物を粒状化させる働きがあることについては支持するデータが多い。今後，bcc 金属やhcp（稠密六方構造）金属について低温ぜい性に対する合金元素，合金組織の果たす役割が詳しく調べられねばならない。



α鉄の遷移温度におよぼす炭素含有量の影響