

性能試験においては、表2に示すように、炉心燃料集合体が装荷され、炉出力が零から定格までの範囲で行われるプラント構成システムの機能・性能等確認、プラント制御系、指示計器等の調整、プラント設計裕度、運転性・保守性の評価等が主体となる。これらの試験内容は、炉心特性、しゃへい特性、プラント特性の試験分野に大別される。臨界試験での臨界近接は、中性子源装荷後、図1に示すように、最小臨界に要する予測炉心燃料集合体数の約1/2を装荷後、制御棒を引き抜き、中性子計数率を測定するプロセスを9回にわたって繰り返し、1994年4月5日に初臨界に到達している。初臨界時の炉心燃料集合体装荷数は168体であった。引き続き燃料装荷を進め、198体全数装荷の初期炉心を構成した後、低熱出力範囲での炉物理試験に移行した。炉物理試験では、金属箔等の放射化による出力分布測定、各種反応度値測定等による炉心特性評価、炉内ナトリウム流量分布測定による各出力領域の流量配分確認、空間線量率分布測定等によるしゃへい特性評価を実施した。これらの測定・評価データは概ね設計値と一致している。核加熱試験では、定格

熱出力の約40%までの出力上昇を実施し、水・蒸気系統の昇温特性、タービン特性等の確認を進めることとしている。

今後は、現在実施中の核加熱試験に引き続き、1995年中頃に発電機を電力系統に併入、初めての送電を行い、出力試験の段階に入る。出力試験では、定格電気出力の約40%、約75%および100%と順次出力を上げ、定常出力、出力上昇/下降時のプラント特性、原子炉・1次冷却系周りのしゃへい特性、出力係数の炉心特性等のデータ取得・性能確認を行う<sup>†</sup>。

上記の試運転を通して、所要の性能、機能に関わるデータの取得並びに総合的な確認が終了し、本格運転が開始される。

総合機能試験および性能試験では、多岐にわたる数多くの試験データ並びに試運転経験を蓄積している。これらの成果を設計、規格・基準、解析コード等の妥当性検証、改良に供することと試運転経験の蓄積により、「もんじゅ」プラント全体の総合的な性能確認と安全性、信頼性の実証が進んでいる。

<sup>†</sup>核加熱試験と出力試験を併せて起動試験と総称している。

## 企業レポート

### 低温液体輸送タンク材料

亀井 信哉

(古河電気工業(株)研究開発本部福井研究所)

1973年の石油ショックから始まり、近年の二酸化炭素増加による地球温暖化現象等の環境問題への意識の高まりにより、エネルギー源の脱化石燃料化は国際規模で重要な技術課題となっている。この命題に対する代替2次エネルギーとしてクリーンな水素エネルギーの利用が提唱され、「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術開発(WE-NET)」が1993年に通産省から2020年をめざしキックオフされた。この計画は水素製造法から始まり、最終利用法の開発まで幅広いものであり、ステンレス鋼と並んでアルミニウム材料としてはその貯蔵・輸送用材料の開発が大きなテーマとなっている。

これまで国内でのこのような低温液体の貯蔵・輸送材としては、-162℃の液体天然ガスのキャリアカーゴが挙げられる。現在液化天然ガスの輸送船は全世界で80隻弱が就航しており、アルミニウム合金製のタンクを搭載した独立タンク方式とコルゲーション付きステンレス鋼やインバー合金を使用したメンブレン方式の船が二分している。これはアルミニウム材料がステンレス鋼と同様に、低温域において優れた強度・靱性を持つ特性が認められているためであり(図1)、この特性と溶接性を兼ね備えたAl-Mg系合金が主に使用されている。

又この他に国産ロケット(H-II)の液体燃料タンクには、更に強度を付与した当社のAl-Cu系合金板が用いられている。これは米国のシステムの流れをくむものであり、旧ソ連邦ではMgの含有量を6%程度に高めたAl-Mg系合金で30年以上の打ち上げ実績を持っている。

これらの実績を受けて、アルミニウム材料は液体水素輸送用材料として、有力な候補とされている。しかし本輸送に関して

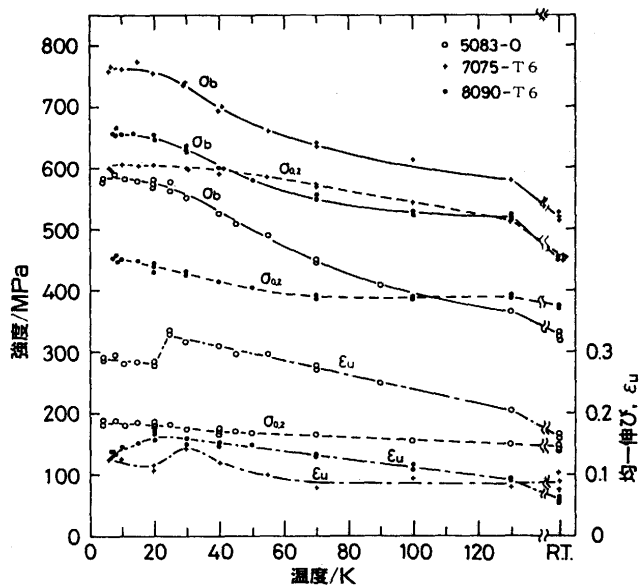


図1 アルミニウム合金の耐力、引張強さ及び均一伸びの温度依存性<sup>1)</sup>

は-253℃の水素液化温度の問題に加えて、水素ガス雰囲気での材料特性の問題がある。元来鉄鋼では水素脆化の問題が取り上げられ、ステンレス鋼においても歪誘起マルテンサイトの水素脆化の関係からかなり有効なデータが蓄積されている。一方アルミニウム材料では、一般に水素の固溶量は少なく、あまり問題とされることはなかった。しかし応力腐食割れ機構にたいする水素脆性の提唱以来、この分野へかなりの注目が払われるようになったのは近年のことである。

1960年代の後半から水素貯蔵合金の発見・研究が開始され、これらのBCC合金の利用も輸送・貯蔵手段として開発が続くと考えられ、これらの研究を通して種々のガス化物反応の報告が増加している。アルミニウム材料に水素チャージさせ、機械的性能に及ぼす影響を調査した報告も発表され、水素脆性の例も

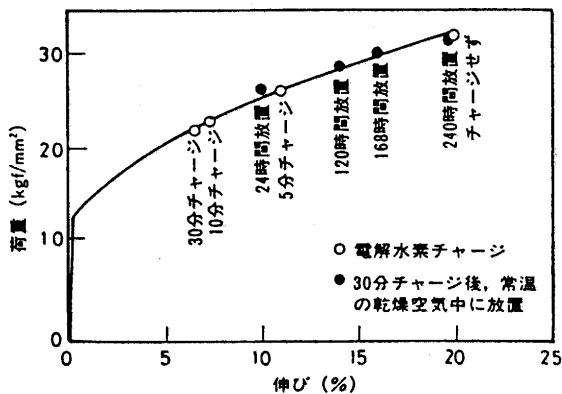


図2 Al-8%Mg合金の応力-歪み線図に及ぼす水素チャージの影響<sup>2)</sup>

報告されている(図2)。

FCC金属はBCC金属に比べ、滑り系の違いにより延性に富む材料であるとされている。北陸支部には伝統的技術として、「加

#### 参考文献

- 1) 佐治, 堀: 軽金属, 39 (1989), p.574
- 2) 大西, 他: 軽金属, 27 (1977), p.473

## 切削工具の現状と開発動向

神田 一隆

(株)不二越 技術開発部

毎年おびただしい数の新商品が発売されているが、次の改良商品発売までの期間を新商品のライフとすると、商品には様々なライフのものがあることがわかる。日本の乗用車では特にそのライフサイクルが短くまたライフもはっきりしている。乗用車の場合にはお客の嗜好の変化に対応し、需要を喚起する意味合いが大きいであろうが、さらにライフサイクルの短いパソコンの場合には事情がだいぶ異なり、技術の進歩の速さがライフサイクルを短くしている。

当社の属する機械金属業界を見れば、パソコン、自動車、家電などに比べ商品のライフサイクルは概ね長い。平均すると何年になるか判らないが、新商品と呼べる期間は発売から概ね5年程度と認識されている。同じ機械金属業界でも産業用ロボットのようなNC機械に絡む分野はコンピュータの進歩に連動して商品のライフサイクルは短くなっている。新商品が投入される時は、ほとんどの場合どこかに改良が施されているわけで、企業間の新商品開発競争が商品の品質向上ひいては技術の向上に貢献している。また、ライフサイクルの短い商品はまだ未成熟で今後の伸びが期待される分野の商品であるとも言える。

筆者の関連する切削工具の分野に目を転ずればどのような状態であろうか。金属に穴をあけるのに一般的に用いられているツイストドリルを例にとってみると、その原形は1863年に米国で発明されたものであるが、130年以上経った現在でもその形はほとんど変わっていない。ライフサイクルが130年では切削工具進化論など考えられないので、もう少し詳しく見よう。

ドリル素材としては高速度工具鋼(通称ハイス)が多く使われているが、その性能向上の歴史をたどると、ハイスの改良の歴史にもなる。初期のツイストドリルは素材に炭素鋼を用いていたので、切削速度が遅く加工穴数も少なかった。この状況は

「賀の金箔打ち」が継承されており僅か1gの金から量何量もの面積に……云々は極限の延性を示す例題として、しばしば引用される。

これに対し現状のアルミニウム材料はこの金と同じ結晶系を持ちながら極めて限定された延性しか得られていない。アルミニウム材料の酸化性の強さ(ガス元素との反応性の高さ)及び地球規模で普遍的に存在し、多くの化合物を形成する水素の性質を考慮すればアルミニウム材料へのこれらガス化物の影響は無視できないテーマではないかと考えられる。しかしこれまでのアルミニウム材料の開発は主要添加元素の影響調査に比べ、これらガス化物の挙動把握は明確になっているとはいえない。

今後これらの影響解明は、単に液体水素貯蔵・輸送用材料の開発に止まらず、高延性を有するアルミニウム材料開発に対しては、有力な一つの切り口ではないかと考えている。

1968年にR.F.Muchetによりハイスが発明されて一変した。空冷で焼き入れ硬化の可能なW含有鋼がその始まりであるが、この発明によりその名のとおり、従来の炭素鋼に比べて2倍以上の高速切削が可能になった。

ハイスはその後も改良が進み、Cr-W-V鋼, Cr-W-Mo-V-Co鋼へと発展した。そして現在、最も新しい材料としてハイスの粉末原料を焼結して得られる粉末ハイス材が用いられている。

もう1つのドリル材料の流れは超硬合金の歴史である。ハイスは鋼のマルテンサイト変態を利用しているため、刃先温度が焼戻温度以上に達するような切削には耐えられず、耐熱性には限界がある。この問題を解決したのが1926年にドイツで商品化された超硬合金で、WCと結合材のCoを主成分とする材料であり熱処理による硬化を利用しないので、原理的には結合材の軟化温度まで耐熱性が上がることになる。超硬合金も改良を重ねられ、現在はサーメットを含む様々な種類のものが市販されている。ハイスに比べ長寿命であるが、靱性が低いのが欠点である。近年、超微粒子粉末原料を用いて靱性を高めた超硬合金製ドリルも市販されている。

切削工具に関する最も新しい流れはセラミックコーティングであろう。当社では1985年にTiNコーティングドリルを発売しているが、これにより従来のハイス鋼工具の切削速度を2倍に高めることができ、工具寿命の改善と併せて10倍程度加工能率を改善することができた。わずか2~3μmのTiN膜が過酷な環境下で耐えて工具寿命を飛躍的に伸ばすという事実は驚異的であった。現在までに開発され実用化されている主な切削工具用膜材質にはTiN, TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiCN, TiAlN, ダイヤモンドなどがある。

今後の開発動向を述べることは非常に難しいが、工具素材の面からは普遍的な要求があり、それは耐摩耗性と靱性を備えた加工性の良い材料(耐摩耗性とは矛盾するか)の開発である。ダイヤモンドやcBNを含む耐摩耗性の高いセラミックス材料を例えば微細組織化あるいは複合化させて靱性を高めた材料の