

強力鋼の信頼性

原子力、宇宙、海洋開発などに必要とされる高張力鋼、強力鋼などの強力材料は、その使用目的に適した強度を有することはもちろんのこと、破壊を防ぐに必要な靱性を確保することが重要であり、さらに、それらの鋼の溶接性や実際使用環境下での諸特性の把握などがその材料の信頼性、安全性の確保の上で不可欠である。

強力材料研究部では、近年計画されている深海潜水調査船の船殻材料の候補としてあげられているHY180(10Ni-8Co)鋼や海洋開発用材料としての強力鋼について、実際使用環境下(主として海水中)での諸特性の把握の前段階として、まず強力鋼の強度と靱性の検討、疲れ特性の調査研究を行っている。HY180鋼は、耐力 $120\text{kg}/\text{mm}^2$ 以上で非常にすぐれた靱性を有する材料であることが知られているが、その特性を得るには注意深い溶製、加工、熱処理などが必要とされている。とくに、鋼中のS量が靱性に大きな影響をおよぼすことが本研究でも認められており、S量の低下による硫化物介在物の低減の必要がある。さらに、熱処理組織(結晶粒径、炭化物の種類や形態など)と靱性の関係も検討している。

また、上記の鋼を含む各種強力鋼について低サイクル疲れ試験を行い、疲れ割れ発生および伝播に関して、割れ発生および割れ伝播速度におよぼす切欠形状および応力条件などの影響や熱処理組織との関連を調べつつある。図は各種の鋼の割れ発生までの繰返し数と切欠先端における応力集中の大きさとの関係を示したもので、応力集中係数(Kt)が大きい場合には各鋼種間に相違は見られず、繰返し数の多いところでいづれも停留き裂になるが、応力集中係数が小さい場合(Kt 1.5)にはHY180鋼がすぐれた特性をもつことがわかる。このように鋼により切欠感受性が異なることは、鋼を実際に使用する際に重要な意味を有する。今後、これらの鋼の疲れ特性と組織、加工軟化あるいは硬化挙動との関連などの検討や海水環境下での諸特性の調査研究を進める計画である。

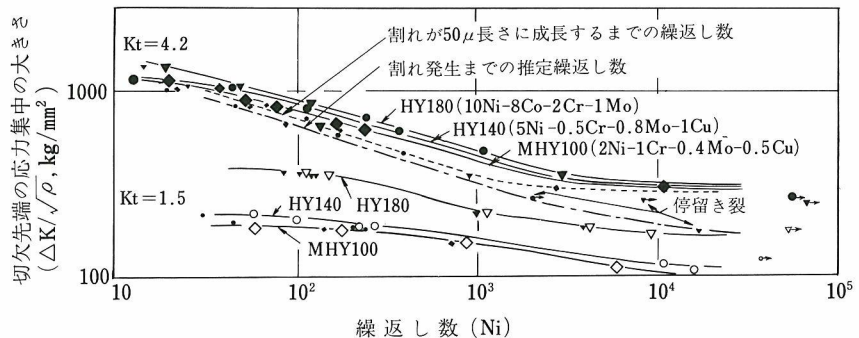


図 各種の鋼の割れ発生までの繰返し数と切欠先端における応力集中の大きさとの関係(実線は、切欠先端からの割れ長さが 150μ に達した時を割れ発生とし、その時の繰返し数をNiとしてとった)

金属の凝固時における気孔

金属材料中のガス成分(H_2 , N_2 ……など)は金属のぜい化遅れ破壊、割れ、機械的性質の劣化などとならんで凝固時に気孔を発生し材料の健全性に悪影響をおよぼす。

金属化学研究部では「溶融金属のガス吸収」に関する一連の研究を進めているが、この研究の一環として気孔生成の問題を取り上げ化学冶金的見地より、その解明に当たっている。各種金属の凝固時における気孔は溶融金属中に含まれるガス溶解量と金属のガス溶解度曲線(PCT状態図)との間に密接な関係があることが判明した。ここで溶融金属のガス溶解量を取り上げたのは、金属の溶解方法すなわちアーク溶解(プラズマガス溶解法をも含む)法および非アーク溶解法によって、同一ガス分圧および同一温度においても金属に対するガス溶解量が異なるためである。そこで気孔生成の観点より金属のガス溶解度曲線を5種類の型に分類し、これら各型に対する凝固金属の気孔生成傾向を概観してみよう。

第一型：固-液相間の溶解度差が小さく、液相温度に対してガス溶解度曲線がほとんど変化しないもの、例、Ni-N系。第一型はガス溶解度曲線上に示される溶解量を有している場合には溶融金属の凝固時に気孔を生成しない系と考えられる。Ni-N系の実験によると、100% N_2 雰囲気中で溶融(2000℃)したNiを銅モールドに鑄込み凝固させた場合にも、気孔の発生は認められなかった。

しかしアーク溶接による溶接金属では0.025% N_2 雰囲気まで気孔の発生が観察された。これはアーク高温による気相 N_2 ガスの活性化に伴う N_2 溶解量の増加現象として説明される。金属に対する溶解法の相違が気孔生成に大きく影響することの一例である。

第二型：固-液相間の溶解度差は小さいが、液相温度の上昇に対して、ガス溶解度が急増化するもの。例、Al-H系。第二型はガスを溶解せる溶融金属が冷却される場合、溶融金属中に過飽和ガスが

放出され気孔となる系と考えられる。Al-H系の実験によると、同一 H_2 分圧下で溶融(非アーク溶解)せるAlは溶融温度の上昇とともに気孔発生傾向は増大した。気孔生成のDriving Forceは融点以上の任意の温度における H_2 溶解量と融点(液相)における H_2 溶解量との溶解量差であることが判明した。またアーク溶接の場合にはNi-N系と同様に気孔を発生しやすい。

第三型：固-液相間の溶解度差が大きく、液相温度に対して、ガス溶解度曲線がほとんど変化しないもの。例、Fe-N系。第三型は固-液相間の溶解度が大きいため、気孔は主として凝固時の固液相共存範囲で生成されると考えられる。Fe-N系の実験によると、気孔生成に必要な溶鉄中の臨界 N_2 濃度は24cc/100grFeであった。この濃度は融点における N_2 濃度34cc/100grFeよりも小さい。この事実は凝固時に固液相界面の液相側への N_2 濃化が起ったことを物語るものである。アーク溶接の場合Fe-N系はNi-N系と同様、極めて気孔の発生しやすい系であった。

第四型：固-液相間の溶解度差が大きく、液相温度の上昇に対して、ガス溶解度が急増するもの。例、Fe-H系、Ni-H系、Cu-H系。第四型は第三型とほぼ近似しているが第三型より気孔を発生しやすい系と考えられる。Fe-H系の実験より、Fe-N系と近似の結果が得られた。

第五型：ガス溶解度曲線は温度上昇に対して減少するもの。例、Ti-H系、V-H系。第五型には気孔が最も発生しにくい系と考えられる。Ti-H系の実験によると、Ti自身の H_2 溶解度は他の系に比べ大きいにもかかわらず、気孔の発生は観察されなかった。

むすび：「金属-ガス」の組合せによって、凝固金属中の気孔発生傾向が大いに異なるが気孔生成のDriving Forceとなるものは溶融金属中のガス溶解量そのものではなく、固-液相および液相間のガス溶解度差であることが明らかとなった。

プラズマジェット溶射

プラズマジェット溶射法は、粉末状の材料を超高温、高速のプラズマジェットによって熔融しつつ飛行させ、これを素材面に吹き付けて皮膜を形成する技術で、その主な特徴の一つは、溶射粉末および素材として金属からセラミックに至る多くの種類の材料が適用できることにある。そのため、溶射皮膜の応用について各方面で検討されており、従来のようなジェットエンジンの燃焼室やロケットのノズル内面に耐熱、耐酸化および耐アブレーション性を付与するなどのごく限られた用途の他に、ポンプのメカニカルシール摺動面あるいはロータリーエンジンのハウジング内面への耐摩耗性皮膜の形成など一般の機械部材にも広く実用されるようになって来た。このように、溶射皮膜の応用範囲が拡大されるのに伴って様々な性質を有する皮膜の形成が要望されているが、とりわけ、より緻密で結合力の強い皮膜の形成が望まれている。

溶接研究部では、プラズマジェット溶射皮膜の性能向上と応用範囲の拡大を目的として、飛行中の溶射粒子の変形、変質などの挙動および皮膜の形成機構などの基礎的な溶射現象を明らかにするための研究を実施している。現在、その一環としてプラズマジェット溶射された粉末粒子の変形状態と形成された皮膜の結合強さとの関係について検討を行っている。

先に、溶射皮膜は用いる粉末の粒径が小さくなるにしたがって緻密化され、その結果、結合強さが著しく強化されることを明らかにしたが、本研究では、さらに、表面の不規則な形状の粉末を溶射

することによって皮膜の結合強さが向上し、微粉末を用いた場合と類似の効果が得られることを知った。すなわち、Ni、Moおよび Al_2O_3 について、それぞれ、標準ふるいを用いて選別した粒度200～250メッシュの不規則形状および球状(不規則形状粉末をガス溶射によって球状化したもの)粉末をプラズマジェット溶射し、形成された皮膜(厚さ0.5～0.7mm)の結合強さを測定した。表1は、その結果を示したもので、いずれも不規則形状粉末による皮膜の結合強さは球状粉末によるそれに比べて全般に高い値が得られている。

一方、上記の各材料を同じ条件で溶射し、これを水中に補集したものについてふるい分析したところ表2に示すような粒度分布が認められた。これは溶射粒子が飛行中に微細化されることを示している。この場合、250～270メッシュ以下の粒度に微細化されたものは、球状粉末の場合、Niで4.0%、Moで18.4%、また、 Al_2O_3 では51.9%であるのに対して、不規則形状粉末では、それぞれ、17.7%、67.8%および73.7%にも達しており、不規則形状粉末が微細化される割合は球状粉末のそれに比べて著しく大きくなっている。

以上の実験結果から不規則形状粉末によるプラズマジェット溶射皮膜の結合強さが同じ粒度の球状粉末によるそれに比べて高くなっているのは、前者の皮膜では後者のそれより多くの微細粒子の積層によって形成されるために、皮膜がより緻密になったことによるものと考えられる。

表1 溶射皮膜の結合強さ

溶射粉末の種類と形状		結合強さ (kg/mm ²)	
		平均値	測定値の範囲
Ni	不規則形状	2.44	2.12～2.63
	球状	2.09	1.92～2.28
Mo	不規則形状	2.48	2.39～2.58
	球状	1.77	1.40～1.98
Al_2O_3	不規則形状	1.31	1.18～1.44
	球状	1.10	0.84～1.50

表2 溶射粒子の粒度分布

溶射粉末の種類と形状		粒度分布 (%)				
		150～200	200～250	250～270	270～325	～325
Ni	不規則形状	9.9	72.4	12.2	4.5	1.0
	球状	11.9	84.1	1.4	2.5	0.1
Mo	不規則形状	3.3	28.9	23.5	36.2	8.1
	球状	1.6	80.0	4.9	12.5	1.0
Al_2O_3	不規則形状	0.7	25.6	26.9	45.7	1.1
	球状	0.5	47.6	36.8	13.7	1.4

1975年金材技研ニュース題目一覧

題 目 (部門別)	No.	通巻	題 目 (部門別)	No.	通巻
材料部門			噴流ガスによる溶接アークの制御	3	195
非晶質Ni-Fe合金の強磁性	1	193	クリーン・モールド法	4	196
新超電導材料Nb ₃ Geの研究	2	194	Alの常温硬質陽極酸化	同	
マルテンサイトステレレス鋼の応力腐食割れ	4	196	鋳鉄のクレージング実験	6	198
低合金鋼のベイナイトの靱性に及ぼす合金元素の影響	5	197	Zr-2.5%Nb合金の高温流水中における耐食性	7	199
原子力製鉄に使用する超耐熱合金の研究開発	6	198	焼結 造用含Cr低合金鋼粉の製造	8	200
ニッケル-炭素繊維間の高温における共存性	同		高温水溶液中におけるステンレス鋼の孔食電位	8	200
ドハース・ファンアルフェン効果測定装置の試作と鉛に対する成果	7	198	湿式水中プラズマ溶接における2.3の実験結果	10	202
核融合炉構造材料に関する研究	9	201	電子ビーム溶接	11	203
記録曲線データの処理装置	同		プラズマジェット溶射	12	204
炭素繊維の湿式酸化	同		特許紹介		
V ₃ Ga 極細多芯線を用いた100キログウスマグネット	10	202	ガリウム合金を用いたV ₃ Ga超電導体の製造法	2	194
変形した銅単結晶の中の転位配列	同		バナジウム合金を用いたV ₃ Ga超電導体の製造法	同	
格子間拡散に及ぼす圧力の影響	11	203	溶射皮膜の加圧焼結法	3	195
電気泳動被覆法	同		炭素を含む焼結体の製造法	4	196
強力鋼の信頼性	12	204	電気接触片摺動試験機	同	
強さ部門			金属電解ならびに装置	5	197
アルミニウム合金の確率疲れ特性	2	194	槽型連続製鋼炉の排滓口の加熱装置	同	
1Cr-0.5Mo-0.25V鋼の長時間応力ラクセーション特性	3	195	延性と大きい塑性加工域を有するモリブデン合金	6	198
超音波探傷におけるパルスの周波数解折と指向性	5	197	金属硫化物粉末の電解製錬法	10	202
突合せ溶接継手の疲れ強さに及ぼす余盛形状の影響	7	199	その他		
2¼Cr-1Mo鋼のクリープ挙動	8	200	新年のごあいさつ	1	193
冶金技術部門			1974年外国人訪問者	同	
高純度ニッケルおよびコバルト中の微量元素定量	1	193	出願公開発明	No. 3, 6, 9	
複合脱酸剤による溶鉄の脱酸と脱酸生成物の性質	2	194	研究成果の発表(学協会, 国際会議口頭発表一覧)	4	196
α-鉄の表面拡散	3	195	就任のごあいさつ	5	197
金属の凝固時における気孔	12	204	クリープ受託試験の現況	7	197
加工技術部門			特許出願速報	No. 7, 8, 12	
			窒素を含有させた鉄・マンガ・クロム系半硬質	8	200
			磁石合金及びその製造法		
			研究成果の発表(学協会, 口頭発表一覧)	10	202
			1975年金材技研ニュース題目一覧	12	204

特 許 出 願 速 報

昭和50年4月1日～同年9月30日

出願日	出願番号	発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 の 名 称
50.4.4	40350	鉄中の非鉄金属の回収法	50.7.24	89652	電気接点材料
50.4.15	44774	溶鉄の脱硫方法	50.7.31	92540	化合物半導体の気相エピタキシャル成長層の製造装置
50.4.30	51467	鋳造用金型			超強力鋼の製造方法
50.5.8	54213	熱処理における鋼の酸化脱酸防止法	50.9.4	106492	銅の電気化学的採取方法
50.6.10	69184	熱間グイス鋼	50.9.30	117145	金属懸濁電解装置
50.6.10	69185	鋳造用金型	50.9.30	117146	
50.6.18	73168	水中溶接法			
50.7.19	87860	キャンドモータ用キャン			
50.7.24	89650	電気接点材料			
50.7.24	89651	電気接点材料			

◆ 短 信 ◆

1月31日までソビエト連邦へ出張した。

● 海外出張

伊藤 伍郎 科学研究官

郡司 好喜 製錬研究部室長
「溶鋼の脱酸に関する研究」「鋼の凝固に関する研究」について講演、研究調査のため昭和50年12月1日から昭和51年

第6回国際金属腐食会議ならびに地下発電に関する調査研究のため昭和50年12月3日から昭和50年12月13日までオーストラリア、ニュージーランドへ出張した。

通巻 第204号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 林 弘
印 刷 株式会社 ユニオンプリント
東京都大田区中央 8-30-2
電話 東京(03)753-6969(代表)

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号
電話 東京(03)719-2271(代表)
郵便番号 (153)