

金属材料研究 1970

科学技術庁

NO.12

ニュース

金属材料技術研究所

超強力鋼に関する研究

宇宙、海洋開発等の大型プロジェクトの進捗に伴ない、わが国においても人工衛星打上げ用ロケット、深海潜水艇、航空機等の軽量化を図るために超強力鋼の開発が望まれるようになった。鋼は比重が8に近いが、じん（靱）性を失なわないで高い強さが得られるため、比強度（強さを重量で割った値）がアルミニウムやチタン合金に劣らずその上加工性、溶接性、経済性が良好であるので超強力鋼の用途は拡がりつつある。

しかし、鋼の強さが大きくなると延性が低下するのみならず、内在する非金属介在物や溶接欠陥などの応力集中部から、全面降伏前に亀裂が急速に進行して、低応力でいわゆる不安定（脆性）破壊が生ずる危険が増加する。この破壊に対する材料の抵抗力の目安を破壊じん性と呼ぶが、不安定破壊を防ぎ材料の設計応力を上げるには、内在する欠陥の大きさを小さく抑えるとともに、材料自体の破壊じん性値を向上させることが必要である。また超強力鋼は使用中に遅れ破壊を生ずる。静荷重下である期間経過したのち、突然脆性的に破壊する現象で、水素脆化か応力腐食が原因である。降伏点以下のごく低い荷重でも、大気中や水中のような穏やかな環境でも生ずることがあるので重大な問題である。超強力鋼では、これらの問題が信頼性を損なう原因となっている。

そこで、当所では45年度から47年度までの特別研究として超強力鋼をとりあげ、広汎な研究を開始した。この研究は鉄鋼材料研究部と溶接研究部

が協力して行なうもので、約 $200\text{kg}/\text{mm}^2$ の引張強さを有し、しかも従来の材料と比べて上述のような破壊が起りにくい、靱性の高い超強力鋼の開発をめざすものである。このため、各種超強力鋼の組織、強化機構および遅れ破壊機構を研究し、また母材と溶接熱影響部の強度と破壊じん性におよぼす組成、微量元素、熱処理、溶接条件等の各種冶金学的因子の影響を明らかにして開発の基礎資料を得るとともに、特殊TIG溶接機を試作し、トーチの改良研究、アーク制御方法の検討を行なって、特殊TIG自動溶接法の超強力鋼への適用性についての研究を実施する予定である。

なお図は得られつつある結果の一部であって、マルエージ鋼の破壊じん性に及ぼす炭素の悪影響を示している。

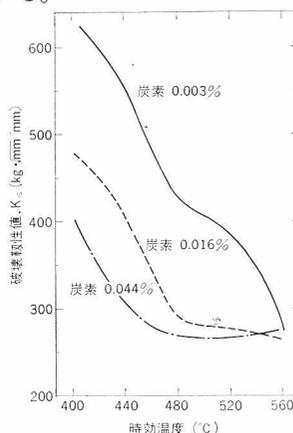


図 18Ni マルエージ鋼の破壊靱性 K_{1C} におよぼす微量の炭素量の影響

超 塑 性 に つ い て

超塑性とは適当な条件のもとで材料が数百～千 % の変形に耐える現象を指すものである。初期の研究段階では変態誘起塑性もこの中に含めて論じられてきたが、現在では結晶粒を微細化することによって大きな変形能が得られるものを称して超塑性と言っている。ソ連、米国などで行なわれた多くの研究の結果、今日では

1) 結晶粒が微細 (1 ミクロン(μ) あるいはそれ以下) であり

2) 適度な高温と小さい歪速度のもとで変形させればどのような材料でも超塑性を示すという考えが定説化してきており、いくつかの材料では塑性加工の分野ですでに実用の段階に入っている。超塑性利用の観点からすれば、常温および大きな歪速度でも超塑性を得るような材料の処理法の開発、また現在では加工のできないような脆い材料に超塑性を付与するといったことが今後の課題となるであろう。

超塑性変形のメカニズムとして現在考えられているものには、1) 粒界すべり、2) 転位の上昇運動を伴う塑性変形、3) Nabarro-Herring クリップ、4) 粒界移動および再結晶を伴う変形、などが挙げられているが、未だ解明されていない。いづれにしろ、超塑性変形は粘性的な変形であって、変形応力は歪速度の増加につれて顕著に増加する。一般に変形応力 σ と歪速度 $\dot{\epsilon}$ との関係は実験的に

$$\sigma = k \dot{\epsilon}^m$$

という形で表わされる。 m は歪速度依存性指数と呼ばれ、超塑性変形では $m=0.2\sim 0.6$ 程度であってこの値は通常の塑性変形の場合に比べて 10~100 倍も大きい。超塑性現象は、この m の値が大きいために局部的変形が抑制され、材料が一様に変形するためにおこるものとして説明され、 m の値と変形能とを一義的に関連づけようとする考えが一般的である。

材料強度研究部静的強さ研究室では超塑性材料としてもっともポピュラーな Zn-Al 共析合金を用いて実験を行なっているが、その結果によると表に示すように結晶粒の大きさが異なる場合には引張試験における全伸び量と m の値とはほとんど

無関係である。したがって超塑性変形においても、単に巨視的な局部変形の抑制といった説明のみでなく、破壊をおさえる何らかの微視的因子を考慮しなければならないことが明らかとなった。

表 結晶粒径の異なる各種試験片を 250°C で引張試験した場合の m および全伸び量

結 晶 粒 径	歪速度依存性指数 m	伸 び 量
3 μ	0.38	~100%
1.5 μ	0.39	~550%
0.6 μ	0.36	>900%

同研究室では超塑性変形のレオロジーモデルの検討を行なっている。図にそのもっとも簡単なモデルと、応力の歪速度依存性と応力緩和試験の結果をこのモデルにあてはめて計算した、バネ系の弾性率とを示す。モデルのバネ系の応力依存性は、応力の増加につれて歪速度に依存しない塑性変形が増加していることを示すものである。このように、変形のレオロジー的検討は変形に寄与する因子の分離を可能にし、組織観察などの微視的な手法との併用によって、超塑性変形の機構を解明する有力な手段となるものと考えられる。

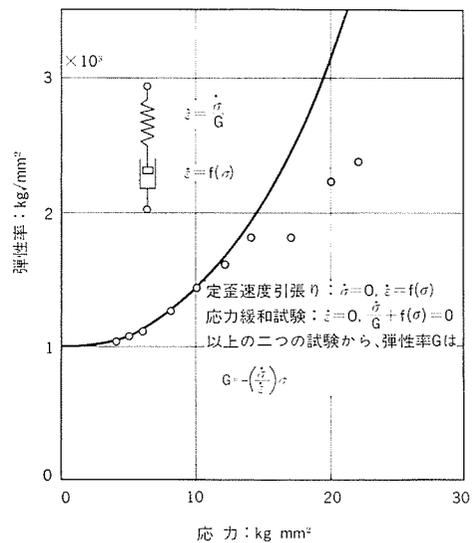


図 超塑性変形のレオロジーモデルと、これから計算される弾性率の応力依存性 (Zn-Al合金, 常温)

Al-Cu 系合金の二段時効

ある種のアルミニウム合金では最終時効処理前の熱履歴が時効後の機械的性質に影響を与えることがある。これは一般に二段時効効果と呼ばれ、理論と実際の両面で興味ある問題として知られている。しかし、この現象に対する従来の報告はほとんどが Al-Zn-Mg 系および Al-Mg-Si 系合金についてなされたものであり、結果は必ずしも一致していない。二段時効でみられる現象は種々の要素が絡んでかなり複雑であり、これの統一的な把握理解のためには他の合金系についての現象も知る必要がある。非鉄金属材料研究部第4研究室では、時効に伴う内部構造の変化が詳細に調べられている Al-Cu 系合金について検討することとし、これまでの結果から推測して Al-Cu-Mn 合金を選んで実験をおこなった。その結果、Mn 0.5% を含む Al-4% Cu 合金で予備時効を 100~120℃ でおこなうと、その後の人工時効の際の時効硬化に顕著な影響を与えることを見出した。しかも、この影響は最終時効のある温度を境としてそれ以下と以上の温度範囲で異った形で現れる。

X線試験の結果から、200℃ 以下の温度におけるこの合金の基本的な析出過程は Al-Cu 2 元合金における過程と同様に G. P. I → G. P. II または $\theta'' \rightarrow \theta' \rightarrow \theta$ と考えることができる。図1に160℃

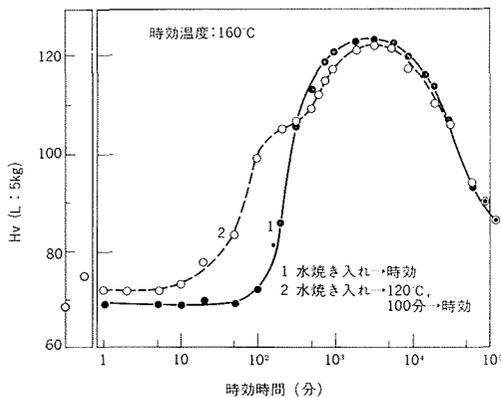


図1 160℃における時効硬化

時効の場合のかたさ変化を示す。焼入材は曲線1のように一段で硬化するが、120℃、100分の予備時効を与えた試料は曲線2にみられるように二段階にわたって硬化する。X線および電顕観察によれば、曲線1および曲線2の二段目の硬化は G. P. II または θ'' 至体の析出に伴うものであり、曲線2の一段目は G. P. I の析出による硬化過程である。このように、150~160℃時効の場合は予備時効を与えると G. P. I の析出を促進させ、G. P. II または θ'' の析出過程を遅らせる。

図2に180℃時効の際の硬化曲線を示す。焼入材は曲線1のような硬化をし、到達最高かたさの低下がいちじるしい。一方120℃、100分の予備時効を与えておくと曲線2に示すように硬化は促進され、最高かたさを相当高めることができる。170~180℃時効の場合は予備時効により G. P. II または θ'' の析出を促進し、中間相 θ' の析出を遅らせる。

Al-Cu 2 元合金では二段時効の効果はみられないから、上記の結果は、添加された Mn が時効生成物の熱的安定性に関与して次に現われる別の時効生成物の形成を遅延させていることを示しているが、これが二段時効効果を示す合金系に普遍的なものであるか否かは今後の検討を必要とする。

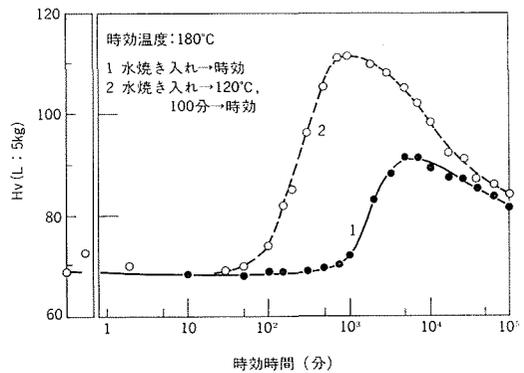


図2 180℃における時効硬化



1970年金材技研ニュース主要題目一覧

内容区分および題目	No.	通巻	内容区分および題目	No.	通巻
金属の物理と化学			高融点金属・合金の研究		
体心立方金属の加工硬化理論	3	135	材料の強さ		
La-Ge系の超電導	3	"	常温~1000℃における鋼の摩耗現象について	7	139
塑性変形したマルテンサイトの積層不整	9	141	超塑性について	12	144
広幅NMRによる融解塩中の微量水分の検出	6	138	高速増殖炉用燃料被覆管の内圧クリープ破断について	10	142
化合結合の変化による重複スペクトルの分離	7	139	電磁誘導検査における欠陥パターン識別	2	134
新材料と材質			製錬法		
鋼の恒温変態におよぼす圧力の影響	2	134	連続製鋼技術に関する研究	4	136
鉄鋼の靱性と金属学的因子	11	143	—12t チャージ操業試験—		
超強力鋼に関する研究	12	144	予備還元原料を用いる新製鉄技術に関する研究	10	142
ニオブの水素割れ	4	136	粗鋼の真空脱ガス	4	136
原子炉用ジルコニウム合金	5	137	加工法		
Al-Cu系合金の二段時効	12	144	冶金学的操業に対する工程解析について	1	133
電気接点の溶着特性におよぼす接触点温度の影響について	5	137	ねずみ鋳鉄のクレージング生成過程	10	142
カルコゲン・クロマイト強磁性半導体の研究	8	140	遊星圧延機によるアルミニウムの圧延	2	134
V-HfおよびV-Hf-Zr系新超電導合金の研究	11	143	構造用鋼の大気腐食	5	137
25Cr-20Ni鋼の高温特性	"	"	片面溶接自動制御装置の開発とその試作	3	135
タングステンレニウム系合金の特性	1	133	薄肉ステンレス鋼管端栓溶接部の内圧破壊性質	6	138
純タングステン単結晶の圧延加工性	6	138	超高真空下の固相接合の研究	9	141
粒子分散強化型合金	8	140			
繊維系複合材料	"	"			

◇短 信◇

海外出張

鉄鋼材料研究部育藤鉄哉技官は、昭和45年8月27日科学技術庁長期在外研究員として、ドイツ国マックスプランク鉄鋼研究所へ出張した。

金属物理研究部武内朋之技官は、昭和45年8月30日から昭和45年9月6日まで科学技術庁国際研究集会派遣研究員として、アメリカ合衆国へ国際会議出席のため出張した。

金属物理研究部深町正利技官は、昭和45年9月30日から昭和46年9月29日まで科学技術関係長期在外研究員（振興局併任）として米合衆国カリフォルニア大学へ出張した。

腐食防食研究部長鈴木正敏技官は、昭和45年10月4日から、昭和46年1月17日まで、科学技術関係中期在外研究員（振興局併任）として、米合衆国およびカナダ国へ出張した。

工業化研究部福沢章技官は昭和45年10月5日から、昭和46年10月4日まで、科学技術関係長期在外研究員（振興局併任）として、米合衆国マサ

チュセツ工科大学へ出張した。

腐食防食研究部藤井哲雄技官は昭和45年10月20日から昭和46年9月19日まで科学技術関係長期在外研究員（原子力局併任）として、ベルギー国ルーバン大学へ出張した。

鉄鋼の科学技術に関する国際会議 (ICSTIS) の参加者の当所見学について

東京で開催された鉄鋼科学技術国際会議に参加したうちの14か国におよぶ34名は、その会議終了後9月12日(土)午前9時30分来所し、所長のあいさつおよび鉄鋼材料研究部内山室長の概況説明ののち所内を見学した。

受 賞

日本鉄鋼協会 ヘンダーソン賞

製造冶金研究部熱処理研究室長渡辺 敏、同研究室研究員宮地博文および東京大学工学部教授荒木透は「オースフォームによる合金鋼の強化」(《鉄と鋼》、55 (1969)、p. 797~812)の論文により、日本鉄鋼協会秋季総会において、上記の賞を受けた。

(通巻 第144号)

編集兼発行人 佐々木 武
 印刷 奥村印刷株式会社
 東京都千代田区西神田1-1-4

発行所 科学技術庁金属材料研究所

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