



超耐熱合金の特性を調べる

—— 菊池研究室～金属工学科 ——



菊池 實教授

いわゆる「超合金」とは、超耐熱合金のことである。これにはいろいろな用途があるが、主要なものの一例として、ジェットエンジンのタービンの羽根がある。燃焼温度が高いほどエンジンは効率が上がるが、材料の耐熱性のために現在は1600℃ど

まりである。また、耐熱性に優れているセラミックスはもろいので安全面から現状では使えない。そこで、超高温で使える合金が絶対に必要なのである。この超耐熱合金の特性を研究されているのが、金属工学科の菊池教授である。



高温での合金の変形を調べる

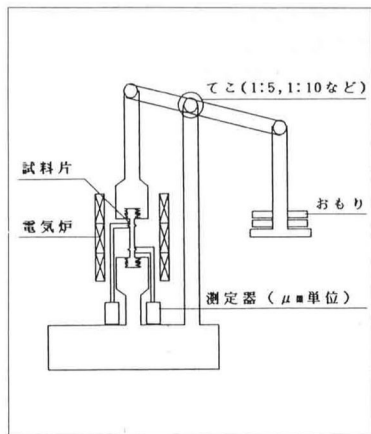
本研究室で行われているものの一つに、高温中での合金の塑性変形の測定がある。これは図のような装置を使って、電気炉で熱した試料に対して1mm²あたり数kgの荷重を掛けて引っ張り、時間ごとに伸びを測るもので、原理はごく単純である。

この変形測定には大ざっぱに見て二通りの試験法がある。一つは、試料を一定の力で引っ張り、切れるまでの時間を測定するものである。もう一つは、延びるにつれて試料が細くなることを考慮し、試料の単位断面積あたりの力を一定にするため次第に荷重を少なくしていき、伸びを測っていく方法である。前者の方法は、実際に使用する際の条件に合っており、比較的簡単に測定できるので、多くの企業でも行われている。それに対して、後者の方法は、荷重を減らす手間もかかり、前者より実際の使用条件からかけ離れている。しかし本研究室では企業などと違って、あくまでも基本的なデータを取るのが目的であるので、後者の試験も行っている。

高温での塑性変形は合金内部の組

織構造の変化が原因であるが、これは温度に強く依存するので、塑性変形の測定では温度の制御も重要な課題となる。もし試料の温度が時間によって10℃も変化するようなら伸びが全く異なり、データに信頼性がなくなってしまう。そこで実際の測定では、全体の温度変化を数℃以下にし、また試料の各部分によって温度が違うことのないように電気炉を調節しなければならない。ただし、温度に強く依存するという特性を逆に利用して、短時間に使用条件より高温で試験して、長期間使ったときの变化をおおまかに調べる、といった方法も行われている。

このような変形測定を、長いときには1万時間（約400日）も続けるのである。変形は単純に時間に比例するわけではないので、あまり短期間ではその先の変形を計算することができない。また実際の使用時間は10万時間といったスケールなので、いくら余分に熱するといっても、この程度の時間をかけないと伸びや耐久時間を外挿して計算することができないのである。



塑性変形の測定器



合金内の組織を電子線で見える

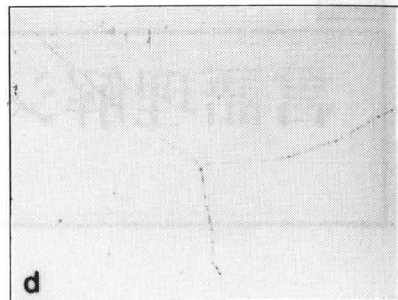
本研究室では変形前後の合金の組織の違いを調べる、という研究も行っている。

例えば、同じ材料の中では、変形に対して最も強度が高いのは単結晶である。単結晶は多結晶と比べてはるかに強いので、冒頭に述べたジェットエンジンのタービンの羽根には単結晶の合金が使われている。ところが、原子がきれいに揃った単結晶を作るのには莫大な時間と費用がかかる。そこで実際には合金に別の元素を添加して強度を増す方法が多く使われる。しかし、合金元素の種類を増やすとなぜ強くなるのか、基本的な理由がわからなかった。

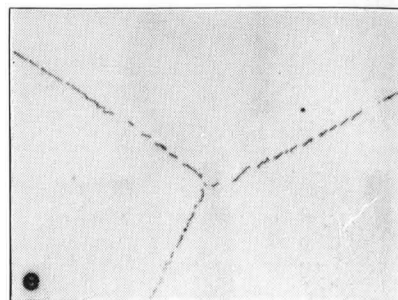
そこで、本研究室では試料に電子線を当て、返ってくるX線や電子を調べたのである。返ってくるX線は原子の種類によって波長が異なるので、波長のスペクトル分布を調べれば

試料の原子の構成比率がわかる。また、返ってくる電子線は重原子ほど強いので、電子線の分布を調べれば試料の重原子の位置がわかる。これらは試料の組織の構成を調べるのに重要な情報を提供する。例として日本で開発され、本研究室でも以前に高温特性を試験した20%クロム-20%タングステン・ニッケル合金というものがある。これは成分がニッケルとクロムだけの合金より格段に耐熱性がある。そこで、試料を切り出して電子線を当てて調べてみると、右のように、結晶の境目にタングステンが数珠状に連なって析出して、そのために強度が増すことがわかったのである。

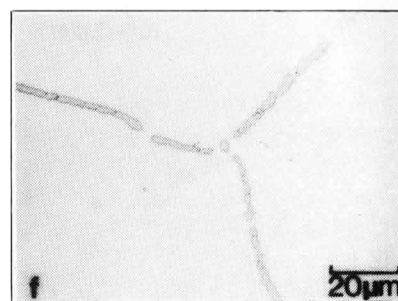
こうやって試料の組織を調べることによって、組織の違いから性質の違いもわかるのである。



10時間



100時間



1000時間

1000℃における組織の時間変化



金属工学と鉄鋼材料学の現在

歴史的にみて、金属工学科は鉄鋼業と強い結びつきがあるため、現在の脱「重厚長大」の風潮の中で特に鉄鋼関連の研究室は学生にあまり人気がない。ところで、本研究室の講座名は「鉄鋼材料学講座」であるのだが、「鉄鋼」と名前はついているが、実際に本研究室で試験する超耐熱合金はニッケルを主成分とするものが主である。教授は、「実際にうちで試験をやっている試料で、鉄が

入っているものは全体の3分の1ぐらいです。これはうちの大学のいいところとして、講座名と関係ないことができますし、他からも文句が出ませんから。」と語られた。本研究室では、主に基礎的な研究が行われているから、規定の枠にとらわれない研究ができるのである。

最後に、こちらの質問の不幸際にもかかわらず、金属一般についていろいろと分かりやすくお話を下さった菊池教授に心から厚くお礼申し上げます。

(黒田)