

氏 名	野 島 武 敏 の じま たけ とし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1153 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	STRAIN RATE EFFECT ON THE STRENGTH OF ALUMINIUM AND ALUMINIUM ALLOYS (アルミニウムとアルミニウム合金の強度に及ぼすひずみ速度の 効果)

論文調査委員 (主 査) 教 授 田中吉之助 教 授 足立正雄 教 授 徳岡辰雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高ひずみ速度すなわち速い変形速度での、金属材料の強度を求めることを目的とし、先づその試験装置について記し、次に、これらの試験装置を用いて得られた、かなり広いひずみ速度域と温度域においての、アルミニウム、ならびに三種のアルミニウム合金の強度を明らかにしたものである。また、その変形機構についても考察を加え、試験した全温度域を包含するものではないが、高ひずみ速度のもとでの変形と、低ひずみ速度のもとでのそれとを、熱活性化過程として統一的に表わし、両者を関連づけることを試みたものである。序論、1～3章、および結論よりなっている。

序論は、この分野の研究の現状の概略を述べ、本研究を行った目的と、本論文の取扱う範囲を述べたものである。

第1章は、高ひずみ速度のもとで、応力とひずみの関係を求めるための実験装置とその方法、ならびに、変形の途中において、ひずみ速度、すなわち変形速度を急激に変化させる試験を行うための実験装置について述べたものである。

すなわち、高ひずみ速度のもとで、応力とひずみの関係を得るために、従来より、比較的しばしば用いられて来たスプリット・ホプキンソン棒型圧縮試験装置とその試験方法、ならびに、この装置に工夫を施して、変形の途中でひずみ速度を急激に変化させる試験を行う方法について述べている。また、著者が試作した、ホプキンソン棒型引張試験装置、ならびに、低ひずみ速度から高ひずみ速度へ、ひずみ速度を 10^4 倍程度、急激に変化させることができる油圧式試験機について記している。

第2章は、アルミニウムの強度におよぼすひずみ速度の影響を明らかにするために行った実験、特にその圧縮実験の結果、並びにそれに対する考察を述べたものである。

すなわち、99.997%純度の焼鈍アルミニウムについて、温度域が $-195^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 、ひずみ速度域が $10^{-4}/\text{s} \sim 10^3/\text{s}$ の範囲内で、ひずみ速度一定の試験を行い、主として、ひずみ5%における応力を求めている。その結果、試験温度域において、応力は、ひずみ速度の増大とともに増大し、特に、高ひずみ速度におい

て増大がいちぢるしいことを明らかにしている。なお、低ひずみ速度試験には、インストロン試験機を用いている。

また、変形の途中で、ひずみ速度を急激に変化させる試験を行い、ひずみ速度変化と応力変化との関係を求めている。そのようにして得られる応力のひずみ速度依存性を示す値は、一連の一定ひずみ速度試験から得られる値とは異なり、一般に小さな値であることを示している。また、若干の温度急変試験結果などから、応力は、そのひずみに到達するまでのひずみ速度や温度の履歴の影響をうけていることを明らかにしている。

次に、簡単な熱活性化過程の考えを適用し、ひずみ速度急変試験より求められる活性化体積と、適当と思われる仮定のもとに得られる、応力の熱的成分との積は、室温より低温の温度域において、高ひずみ速度、低ひずみ速度の何れにおいてもほぼ同一の一定の値で表わされることを示し、両ひずみ速度のもとでの変形機構が、この実験の範囲内において、現象論的にほぼ同一の熱活性化過程で表わされるとし、考察を加えている。

第3章は、アルミニウム-1.1%マグネシウム合金、三種類の異なる時効処理条件のアルミニウム-4%銅合金、二種類の異なる時効処理条件のジュラルミンの強度に及ぼすひずみ速度の影響を明らかにするために行った実験の結果、ならびにそれに対する考察を述べたものである。

すなわち、これらの材料について、第2章に述べたひずみ速度域および温度域とほぼ近い領域内で、一定ひずみ速度の実験を行い、第2章における結果とほぼ同様の結果を得ている。ただし、室温付近において、強度はひずみ速度の影響を殆んど受けないことなど、幾らかの相違が存在することを示している。

また、ひずみ速度急変試験によって、応力のひずみ速度依存性を明らかにしている。室温より低温の温度域において、これらの材料においてもまた、その依存性の傾向は、第2章において得られた傾向とほぼ同様であることを明らかにしている。

さらに、活性化体積の n 乗(n は1.3~1.9の値をもつ材料による常数)と、応力の熱的成分との積は、高ひずみ速度、低ひずみ速度の何れにおいても、ほぼ同一の一定の値であることを示し、室温よりも低温の温度域において、かなり広いひずみ速度範囲内においてその変形は、現象論的にほぼ同一の熱活性化過程として表わされたとしている。

結論は、1~3章で得られた結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高ひずみ速度すなわち速い変形速度での、金属材料の強度を求めることを目的とし、先づその試験装置について記し、次に、これらの試験装置を用いて得られた、かなり広いひずみ速度域と温度域においての、アルミニウムならびに三種のアルミニウム合金の強度を明らかにしたものである。また、その変形機構についても考察を加え、試験した全温度域を包含するものではないが、高ひずみ速度のもとでの変形と、低ひずみ速度のもとでのそれとを、熱活性化過程として統一的に表わし、両者を関連づけることを試みたものであって、研究成果の主なもの、次の通りである。

1. 従来、スプリット・ホプキンソン棒型試験装置は、圧縮用として使用されて来たが、これを引張用

とすることを試み、締結部分などに種々の工夫を加え、良好な応力波形を得る装置を製作することができた。また、変形中に、急激に、ひずみ速度を 10^4 倍程度変化させることができる油圧試験機を試作した。前者は、今後、高速変形時の引張破壊の研究を行うためにも極めて有用なものであり、後者は、本研究において、大きなひずみ速度の変化の実験結果を得るために使用されたものである。

2. 純アルミニウム、アルミニウム - 1.1% マグネシウム合金、アルミニウム - 4% 銅合金および、ジュラルミンについて、 -195°C から 450°C 程度までの温度域で、ひずみ速度が $10^{-4}/\text{s}$ から $10^3/\text{s}$ 程度の圧縮試験を行い、主として、ひずみ 5% における強度を明らかにした。

これらの試験は、一定温度、一定ひずみ速度の通常の試験と、一定のひずみにおいて、ひずみ速度を急激に変化させ、その応力変化量を求める試験の二種類の試験を主としたものである。その結果、何れの試験結果においても、一般に、ひずみ速度の増加とともに応力は上昇し、その傾向は、ひずみ速度の大きい範囲で特に顕著であることを明らかにしている。ただし、アルミニウム合金においては、常温附近での応力は殆んどひずみ速度の影響をうけず、一定であることを示している。この結果は、これらの材料の強度特性に関して、有用な資料を提供するものといえる。

3. ひずみ速度急変試験により得られる応力のひずみ速度依存性を表わす値は、一連の一定のひずみ速度試験で得られる値とは異なり、一般に小さい値を示すことを示した。これは、変形挙動が、それまでの変形履歴に影響されていることを示すものである。

4. 室温よりも低温の温度域では、簡単な熱活性化過程の考えを適用して求めた活性化体積の n 乗 (n は 1.0~1.9 の値をもつ材料による常数) と、適当と思われる仮定のもとに得られる応力の熱的成分の積は、ひずみ速度に無関係にほぼ同一であり、材料による一定の値であることを示し、両ひずみ速度の変形が、現象論的に、統一的に、取扱えることを示した。

以上要するに、本論文は、アルミニウムおよびアルミニウム合金のひずみ速度依存性について、主として、実験的手法を用いて解明し、高速度変形強度に対して多くの知見を与えたものであって、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。