

氏 名	A.K.M. AZIZ AHAMED
博士の専攻分野の名称	博士（学術）
学 位 記 号 番 号	博理工甲第 668 号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 24 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	Effects of Casting Defects on Mechanical Properties of Aluminum Alloy Die-Casts (AL 合金ダイカストの機械的性質に及ぼす鑄造欠陥の影響)
論 文 審 査 委 員	委員長 教 授 加藤 寛 委 員 教 授 荒居 善雄 委 員 准教授 蔭山 健介 委 員 教 授 堀尾健一郎

論文の内容の要旨

Ultrasonic techniques, as a mainly means of non-destructive evaluation play an increasingly significant role in failure prediction and reliability assessment of materials or structures. Casting defects such as oxide layer, cold flakes in aluminum alloy die-cast plays an important role in the properties. So detection of casting defects such as cold flakes is necessary for evaluation of properties. This thesis is to evaluate the crack initiation and propagation from the cold flake through developing an effective and simple ultrasonic method and to investigate the mechanical properties depending on the size, direction and position of cold flake. This thesis includes five chapters as follows.

Chapter 1 introduced the importance of concern about the casting defects in aluminum alloy die-cast and non-destructive evaluation and ultrasonic techniques are described for the purpose of this thesis.

Chapter 2 proposed a local immersion and water bag method of ultrasonic measurement for the cold flakes. In this method, cold flakes condition before and during the tensile force was observed. A cold flake becomes a crack after certain amount of load depending on the size of the cold flake.

Chapter 3 by selecting the cold flake in different position tensile strength and critical stress intensity factor was measured. Tensile strength linearly decreases with the area of the oxide layer of the cold flake. The exposed cold flake largely reduces the tensile strength than that of embedded one. When the oxide layer was parallel or largely inclined to the tensile direction, the cold flake has no major effect on the tensile properties. The linear fracture mechanics approach was employed and the apparent critical stress intensity factor of $8-10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ was obtained as a measure of fracture character, which value was lower than the fracture toughness of $11-14 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Chapter 4 fatigue test was carried out by selecting the cold flake in various position. Fatigue life also decreases with the size and position of cold flake. Size of the cold flake has more severe effect on the properties. Fatigue life reduces more for the exposed cold flake compare to the inside one.

Chapter 5 is the summary of the thesis. Properties depending on the size, direction and position of cold flake evaluated which can be useful tool in failure prediction and reliability assessment of aluminum alloy die-cast.

論文の審査結果の要旨

学位論文審査委員会は、平成 20 年 2 月 7 日に論文発表会を開催し、論文内容の発表及びそれに引き続いた質疑応答、論文内容の審査を行なった。以下に審査結果を要約する。

本論文では、鑄造製品的一种であるアルミニウム合金ダイカスト中に存在する異常組織の一种である破断チル層の非破壊的検出法を開発するとともに、Al 合金ダイカストの強度に及ぼす破断チル層の影響について明らかにしており、従来の研究では成し得なかった重要な知見を得ている。

以下に論文の概要を各章ごとに示す。

第 1 章 緒言： 本章では、本研究に至った背景及び研究の重要性を明らかにするとともに、本研究の目的を示している。すなわち、Al 合金ダイカスト製品は近年、自動車用部品として多く用いられるようになったが、そのため機械的性質、特に振動などの繰り返し負荷に対する強度特性の確保が重要となってきた。ダイカスト中に含まれる破断チル層は、溶湯がダイカストマシンの溶湯供給用スリーブに注入されてスリーブ壁に接触した際に生じる初期凝固層が、金型中に押し込められる際に粉碎されて生じる。破断チル層の表面には酸化膜が生じ、しばしば酸化膜の上に潤滑剤や気泡が付着していることから、母相との接着性が悪く、少しの外力で容易に剥離してしまい、ダイカスト製品の破壊につながる。このため、ダイカスト製品の安全性向上のために、製品内部に存在する破断チル層を非破壊的に検出する技術の開発が望まれてきている。さらに、破断チル層の存在により強度が大きく低下することは知られているが、破断チル層はランダムに製品中に混入することから、従来は、その影響を定量的に理解することができなかった。これらの点より、本研究では、以下の点を研究目的として研究を実施してきた。

- (1) Al 合金ダイカスト中に存在する破断チル層の非破壊的な検出法の開発：本研究では、超音波測定による破断チル層の検出を実施した。
- (2) Al 合金ダイカストの強度に及ぼす破断チル層の影響の定量的理解：本研究では、強度特性として、引張特性及び疲労特性について研究を実施した。

第 2 章 破断チル層からのき裂開口の超音波検出： 本章では、ダイカスト中に含まれる破断チル層を 3 次元表示するとともに、引張試験中に破断チル層が母相から剥離する状況を明らかにしている。すなわち、引張試験を実施しながら、水袋を用いた局所水浸法超音波測定を行い、ダイカスト中に存在する破断チル層からの反射波を測定していった。その結果、破断チル層からの反射波の向きが引張試験の途中で反転することが分かった。この結果より、引張試験のある段階で、破断チル層は母相から剥離し、破断チル層と母相の境界にき裂状の空隙を生じることが推定された。

第 3 章 ダイカストの引張強さに及ぼす破断チル層の影響： 本章では、引張強さに及ぼす破断チル層の影響を定量的に明らかにしている。すなわち、種々の寸法の破断チル層を中央部近傍に配置した試験片を製作し、引張試験を行なった。その結果、引張強さは破断チル層の酸化膜部分の面積に従ってほぼ直線的に低下していくこと、また、破断チル層が試験片表面に露出している場合のほうが、内部に破断チル層が存在する場合に比べてはるかに強度低下を生じさせること、などが明らかになった。また、第 2 章の結果より、引張試験中に破断チル層が母相から剥離してき裂を生じることが明らかとなったことから、破断時の強度及び、き裂の発生源として機能した破断チル層の寸法から見かけの応力拡大係数（臨界応力拡大

係数)を算出した。その結果、臨界応力拡大係数は $8 \sim 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の範囲に入ることが分かった。この値は、先に求められている破壊じん性値の $1 \sim 14 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ より若干低くなっていた。

第4章 ダイカストの疲労特性に及ぼす破断チル層の影響： 本章では、疲労特性に及ぼす破断チル層の影響を定量的に明らかにしている。すなわち、種々の寸法の破断チル層を内在させた試験片を製作し、種々の応力振幅で疲労試験を実施した。その結果、S-N関係が得られたが、一定の応力振幅で得られた疲労寿命には大きなばらつきを生じた。これは、試験片中に含まれる破断チル層の寸法、向きなどが異なるためであり、これらを考慮して結果を整理する必要があることが分かった。そこで、一定の応力振幅($60 \sim 70 \text{ MPa}$)で得られた疲労寿命と、試験片に含まれる破断チル層の寸法、破断チル層の存在位置で整理した。その結果、破断チル層の寸法の増大に従って疲労寿命は大幅に低下すること、破断チル層が試験片表面に露出した場合のほうが、内部に存在する場合に比べて疲労寿命は短くなること、などが明らかとなった。次いで、疲労試験中にその場超音波測定を行い、破断チル層からの反射波の測定を行ったところ、1個の試験片のみではあるが、疲労試験中に反射波の向きが逆転する結果を得た。このことから、疲労過程に破断チル層が母相から剥離してき裂を生じ、そのき裂が進展・拡大していき、臨界寸法になると最終破断に至ることが推定された。この推定に基づき、破断面から最終き裂寸法を測定し、見かけの応力拡大係数を算出した結果、 $8 \sim 11 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の範囲に入り、第3章で求めた臨界応力拡大係数の範囲とほぼ一致することが分かった。

第5章 結言： 本章では、本研究で得られた成果を結言としてまとめており、Al合金ダイカストの強度特性に及ぼす破断チル層の影響を定量的に明らかにしたこと、また破断チル層を非破壊的に検出することの重要性を述べている。

これらの研究成果については、すでに、2編の原著論文として国内外の学術雑誌(Mater. Sci. Eng. A, 鋳造工学)に発表されており、また2編が国際会議論文集として発表ないしは印刷中である。更に、現在、1編が査読中(Mater. Trans.)となっている。

学位論文審査委員会としては、本論文が博士(学術)の学位を授与するに十分値するものと判断し、合格と判定した。