

氏名	西村孝 にしむら たかし
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1368号
学位授与の日付	昭和56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	工業用純チタンおよびチタン合金の諸特性特に機械的性質に関する金属材料学的研究

論文調査委員 (主査) 教授 村上陽太郎 教授 足立正雄 教授 高村仁一

論文内容の要旨

この論文は工業用純 Ti およびその合金の機械的性質ならびに加工性などに影響をおよぼす金属材料学の因子を明らかにし、これらと製造条件との関係を究明するために行った研究の結果をまとめたもので、13章からなっている。

第1章は緒論で、工業用純 Ti およびその合金の現状と問題点を明らかにし、本研究の目的と研究の進め方を述べている。

第2章は Ti-Cu 合金の時効硬化性と第3添加元素の影響を究明した結果で、Ti-2%Cu-1%Zr が最適組成であること、特に2段時効処理によって、良好な常温および高温強度、高い疲労限が得られること、また熱間鍛造性ならびに冷間圧延性なども優れた中強度合金として利用できることなどを述べている。

第3章は高強度 α - β 型 Ti-5 Al-2 Cr-1 Fe 合金の300より500℃の温度範囲で5000時間までの高温曝露による熱安定性を研究した結果で、350℃以上で延性と衝撃値の低下が起ること、脆化は TiCr₂ の析出に起因することなどを見出し、高温における熱安定性を推定する実験式を与えている。

第4章では β 型 Ti-15 Mo-5 Zr 3元合金とこれに3% Al を添加した4元合金の時効性を究明した結果を述べている。Al を含まない合金では ω 相のみの析出によって脆化を起すが、Al の添加によって ω 相の析出が抑制され、 α 相の析出処理によって、高い強度と優れた延性が得られ、切欠感受性、衝撃値、疲労限なども良好で、2段時効処理によって延性低下も抑制できることなどを明らかにしている。

第5章は α - β 型 Ti-6 Al-4 V および Ti-5 Al-2 Cr-1 Fe 合金の組織を、初析 α 粒の幅、長さ、および粒間間隔と前 β 粒径で表わし、機械的性質との関係を数式化して多重回帰分析より究明した結果で、組織と強度因子との相関を明らかにし、強度、靱延性の良好な性質は、初析 α および前 β 粒径が小さく、2次針状 α - β 組織の大きい組織で得られることなどを示し、製造条件に指針を与えている。

第6章では、 α - β 型合金の組織制御方法として開発した溶体化処理焼鈍 (STOA) とその効果を述べている。 β -Transus より低い α - β 高温域で溶体化して初析 α を 8 μ m 程度に微細化し、2次針状変態 β 量を60~90%と多くする STOA により、強度、靱延性を著しく改善し得ることなどを示している。

第7章では Ti-6 Al-4 V 合金の鑄塊および鍛造材の組織と破壊靱性値 (K_Q) との関係を実証し、前 β 粒が大きく α 粒が微細であるほど、高い K_Q 値が得られること、 K_Q 値は強度因子と負の、延性および衝撃性質と正の、それぞれ相関関係を示すこと、一方疲労強度は針状 α 組織で低く、初析 α 組織で高いこと、引張強さおよび耐力と正の相関があることなどを明らかにし、さらに β 粒を微細化する新しい加工熱処理法を開発している。

第8章は α - β 型合金鍛造品の優先結晶方位測定用の X 線の簡易法を開発し、この方法で、 α - β 高温および低温域における鍛造材の異方性の測定を行い、適切な製造条件を与える方法を確立している。

第9章は純 Ti および合金板の Texture-Hardening を究明した結果である。(0001) [10 $\bar{1}$ 0] 集合組織が強くなる程、塑性歪比 r 値は高くなり、かつ等2軸引張耐力が増大することを見出し、等2軸引張耐力の増加の割合は異方性材料の降伏に関する Hill の理論から導かれた関係式とよい一致をえている。

第10章は Ti-6 Al-4 V 合金板の冷延性の研究結果で、 α 相の底面が圧延面 (RP) に強く集合する (0001) // RP の場合冷延性が極めて悪く、鋭い端割れを生ずるが、この方位が少なくなり、30° 圧延方向 (RD) に傾く成分および 90° 傾く RD 成分、直角方向 (TD) に 90° 傾く TD 成分をもつにしたがって、冷延性が改善されることなどを明らかにしている。

第11, 12章は純 Ti の熱延焼鈍板の機械的性質ならびに冷延板の成形性を集合組織との関係からそれぞれ究明した結果である。前者では加熱温度が高い程、(0002) 極点の位置が TD 方向に移動し、引張性質の異方性などよい対応があること、(0002) 極点図の分布を数値化した異方性因子は引張強さ、耐力の異方性とよい対応を示すこと、後者では、成形性をよく説明できる異方性パラメーターとしての r 値を六方晶錐面のシュミット因子を利用して (0002) 極点図から定量的に求める方法を開発し、実測値とよい一致をみている。

第13章は純 Ti および Ti-6 Al-4 V 合金板の機械的性質および成形性に大きな影響を与える熱延集合組織の形成条件を明らかにし、目的に合った板の製造をするための指針を与えている。

第14章は本論文の総括である。

論文審査の結果の要旨

最近 Ti は構造材料としてその重要性が再認識されるに伴い、その特性に対する要求は一層苛酷になってきている。本論文は、顕微鏡組織や集合組織などの材料学的因子と諸特性との関係を究明し、力学的な性能の向上をはかる目的で研究した結果をまとめたもので、主な成果を要約すると次の通りである。

(1) Ti-Cu 合金の時効硬化性と第3添加元素の影響を研究し、Ti-2% Cu-1% Zr の組成の合金が、熱間鍛造性ならびに冷間圧延性に優れ、良好な常温ならびに高温強度、高い疲労限などを有する優れた中強度の合金として有用なことを実証した。

(2) 高強度 α - β 型 Ti-5 Al-2 Cr-1 Fe 合金の 300 より 500°C の温度範囲での高温曝露による熱安定性を検討し、高温での熱安定性を推定し得る実験式を提示し、使用上の指針を与えた。

(3) β 型 Ti-15 Mo-5 Zr 3 元合金と、さらに 3% Al を添加した 4 元合金の時効特性を究明し、前者では ω 相が析出し易く脆化が起るが、後者では ω 相の析出が抑制され、 α 相の析出によって、150kgf/mm²

の引張強さと、13.8%の伸びが示され、韌性および耐疲労性の優れた合金が得られることを示した。

(4) α - β 型 Ti-6 Al-4 V および Ti-5 Al-2 Cr-1 Fe 合金の金属組織の定量化を目的として、初析 α の幅、長さ、および粒子間距離ならびに前 β 粒径の組織因子と機械的性質との関係を数式化し、多重回帰分析によって組織と機械的性質との相関を明らかにし、製造条件に対する指針を与えた。

(5) α - β 型合金の組織制御の方法として、 α - β 高温域で溶体化処理を行った後急冷して、初析 α の微細化と変態 β 量の増大をはかり、その後高温焼鈍を行なう溶体化処理焼鈍法を開発し、強靱性の著しい改善に成功した。

(6) Ti-6 Al-4 V 合金の製造条件による組織の変化と破壊靱性ならびに疲労限との関係を検討し、破壊靱性の向上には微細な β 組織が、耐疲労性には初析 α 粒の微細化が有効なことを示し、また β 粒組織を微細化する新しい加工熱処理法を開発した。

(7) α - β 型合金鍛造材の優先結晶方位のX線回折による簡易測定法を開発し、 α - β 高温域ならびに低温域における鍛造材の異方性を解明し、製造および使用上に有用な知見を与えた。

(8) 純 Ti および合金板の Texture Hardening の挙動を明らかにし、(0001) $[10\bar{1}0]$ 集合組織が強くなるほど、等2軸引張耐力が増大することを見出し、その増加の割合は Hill の理論から導かれた関係式とよい一致を示すことを見出した。

(9) Ti-6 Al-4 V 合金板の冷延性、純 Ti の熱延焼鈍板の機械的性質および冷延板の成形性と集合組織との関係の詳細な検討を行い、さらに純 Ti の熱延集合組織の形成条件を究明し、冷延性の改善、機械的性質や成形性の優れた板の製造条件に関して、有用な多数の資料を与えた。

以上要するに本論文は、工業用純 Ti および Ti 合金の機械的性質ならびに加工性に影響をおよぼす顕微鏡組織、集合組織などの材料学的因子を基礎的に解明して、多数の新しい知見を与えるとともに、これらの因子と製造条件との関係を明らかにして、優れた性能をもつ Ti 材料を製造する上に多くの指針を与えたもので、学術上、工業上寄与するところは少なくない。

よって、この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。