

金属マトリックス複合材料の

複合加工に関する基礎的研究

大阪市立大学 工学部 機械工学科

助手 逢坂勝彦

(昭和63年度奨励研究助成 AF-88025)

1. 緒言

金属マトリックス複合材料 (MMC) は、強度、耐熱性及び耐磨耗性にすぐれており、新しい材料として注目を集めている。現在のところは、MMCの実用的な製造法が確立されておらず、製造法に関する研究が主に行われている。しかし、製造法が確立された後には、二次加工も不可欠となるため、MMCの二次加工に関する研究も行う必要がある。ところで、金属材料の塑性加工において加工中に超音波振動エネルギーを付加する複合加工法は、超音波振動の複合化により加工エネルギーが減少するなどの利点を有しており、その有用性が示されている¹⁾⁻³⁾。したがって、MMCの塑性加工においても、超音波振動を複合した加工法が有用であると考えられる。しかし、超音波振動を付加した複合加工を行った場合、被加工材に物理的、機械的性質の変化が発生することが考えられ、特に、複合材料などにおいては大きな問題となる可能性がある。したがって、MMCの塑性加工における複合加工に関しては、超音波振動を付加することによる加工性及び被加工材の材質に及ぼす影響などを明らかにしておく必要がある。しかし、MMCの二次加工については、圧縮加工に関する研究などがあるものの、その数は極めて少ない⁴⁾⁻⁶⁾。まして、MMCの塑性加工における複合加工に関する研究は、ほぼ皆無であるといつてよいのが現状である。

そこで、本研究では、MMCとしてアルミニウム基SiC繊維強化複合材料を、塑性加工法として圧縮加工を選び、超音波振動を複合したことによる加工性及び被加工材の材質に及ぼす影響を検討した。実験においては、超音波複合圧縮加工装置を試作し、圧縮加工中に超音波振動を連続的及び断続的に付加してその圧縮力を測定した。そして、加工後の試料断面の顕微鏡による組織観察及び硬さ測定を行った。

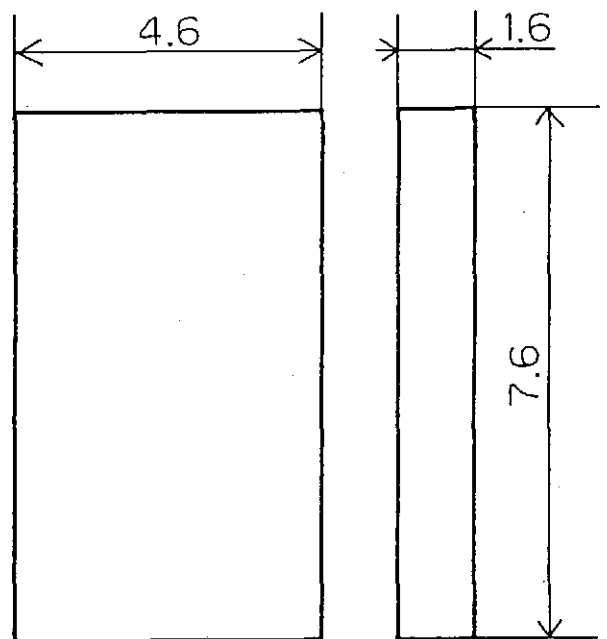
2. 実験方法

2.1 試料

本試験で使用した試料は、マトリックス材にアルミニウムを、強化材にSiC whiskerを使用したMMCである。表1に強化材として使用したSiC whiskerの性質を示す。実験

表1 SiC whiskerの性質

Property	SiC Whisker
Diameter	0.1~1.0 (μm)
Length	30~100 (μm)
Aspect Ratio	50~200
Density	3.19 (g/cm^3)
Tensile Strength	3~14 (GPa)
Elastic Modulus	400~700 (GPa)



(mm)

図1 試料の形状と寸法

には、SiC whiskerの体積含有率による違いをみるため、SiC whiskerの体積含有率が10、20及び30vol%の3種類の試料を用意した。10及び20vol%のSiCを含有した試料

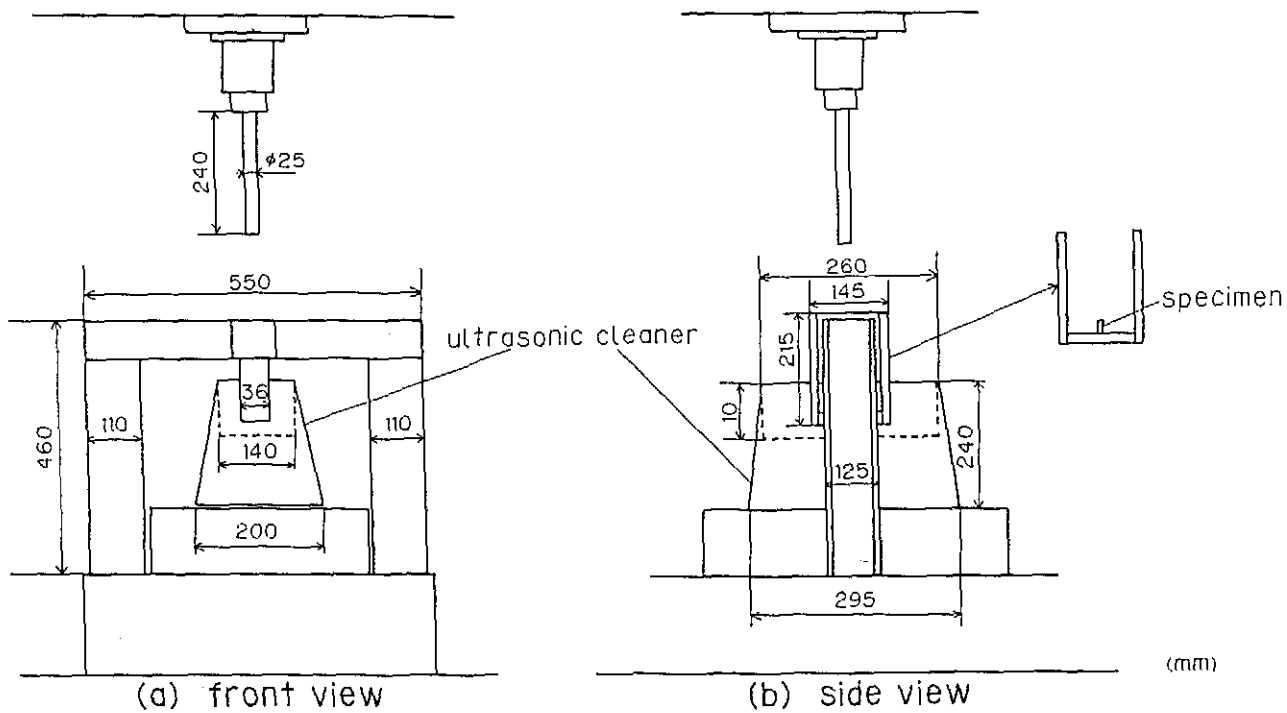


図2 超音波複合圧縮加工装置

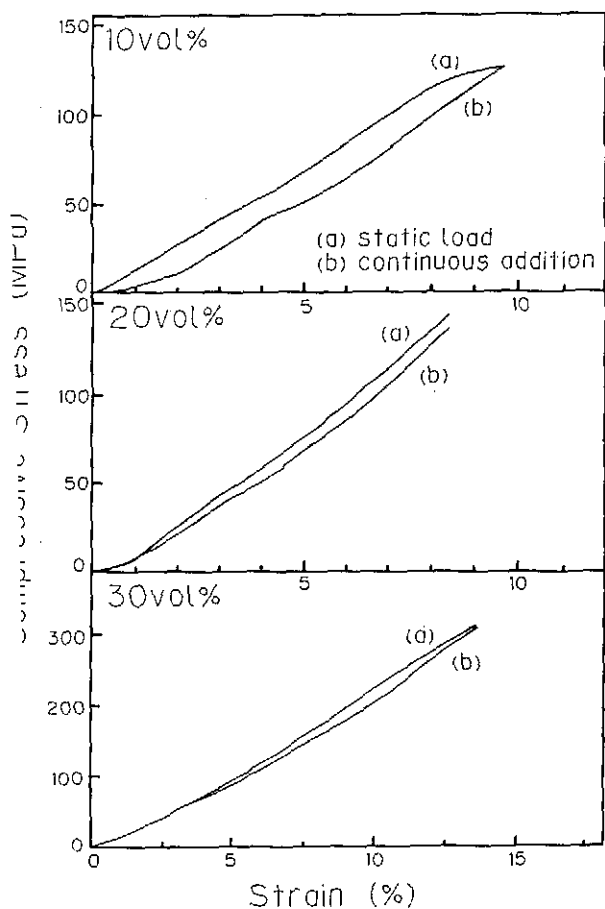


図3 圧縮加工試験における圧縮応力-ひずみ曲線 (試験条件 (a) 及び (b))

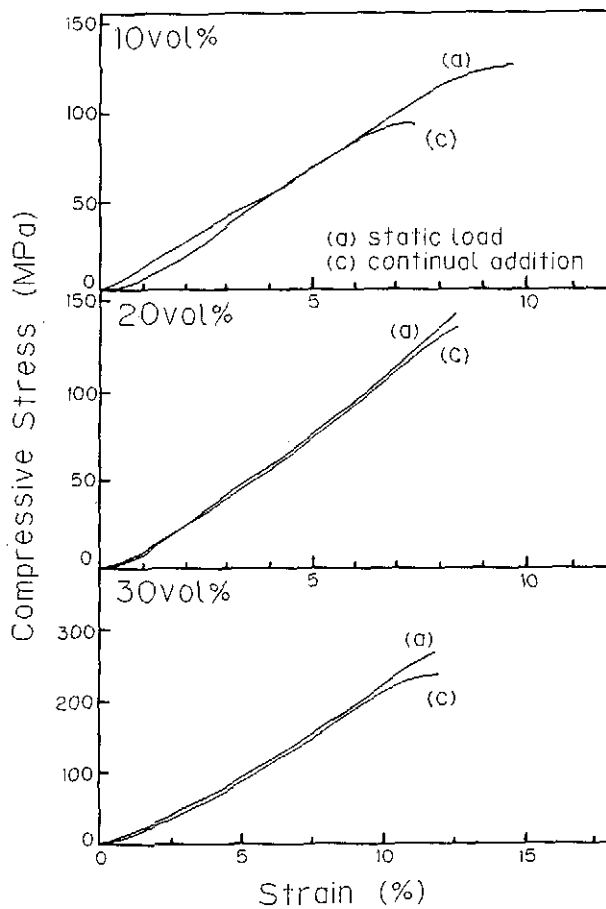


図4 圧縮加工試験における圧縮応力-ひずみ曲線 (試験条件 (a) 及び (c))

は、粉末品を押し出して成形した試料であり、30vol%のSiCを含有した試料は溶湯鍛造法により成形した試料である。実験においては成形した試料を図1に示す寸法に切りだして使用した。

2.2 超音波複合圧縮加工装置

図2に本実験で試作した超音波複合圧縮加工装置の概要を示す。この装置は最大荷重5tfのインストロン型試験機に、試料に超音波振動を付加するための超音波洗浄機を組み合わせて製作したものであり、三つの部分から構成されている。第一の部分は試料に圧縮の静荷重を付加する部分であり、インストロン型試験機のクロスヘッドに圧縮用のロードセルが取り付けられ、更に、そのロードセルにステンレスの丸棒が取り付けられた構成になっている。第二の部分は試料を置くコンテナ部であり、各種形鋼を組み合わせて作られている。圧縮加工試験においては、試料をこのコンテナ部にセットし、インストロン型試験機のクロスヘッドを下降することによって、試料に静荷重が付加される仕

組になっている。第三の部分は試料に加える超音波振動を発生させる部分であり、超音波振動発生装置として超音波洗浄機を使用している。試料への超音波振動の付加は、この超音波洗浄機で発生した超音波振動を水を媒介として試料に伝達することにより行う。

2.3 実験方法

超音波複合圧縮加工試験は、図1に示す寸法の試料を超音波複合圧縮加工装置にセットして行った。加工中に試料に加えられる圧縮荷重はロードセルで検出し、X-Yレコーダに記録した。加工速度は0.1mm/minとし、圧縮時に加える超音波の周波数は36kHz、最大出力は100Wとした。試験は次の3種類の条件において行った。

- (a) 超音波を付加せず圧縮加工を行う。
- (b) 超音波を連続的に付加しながら圧縮加工を行う。
- (c) 超音波を断続的に付加しながら圧縮加工を行う。

ただし、(c)の場合には、所定の圧縮荷重になった時点で超音波振動の付加を開始し、その後、20秒間隔で超音波振

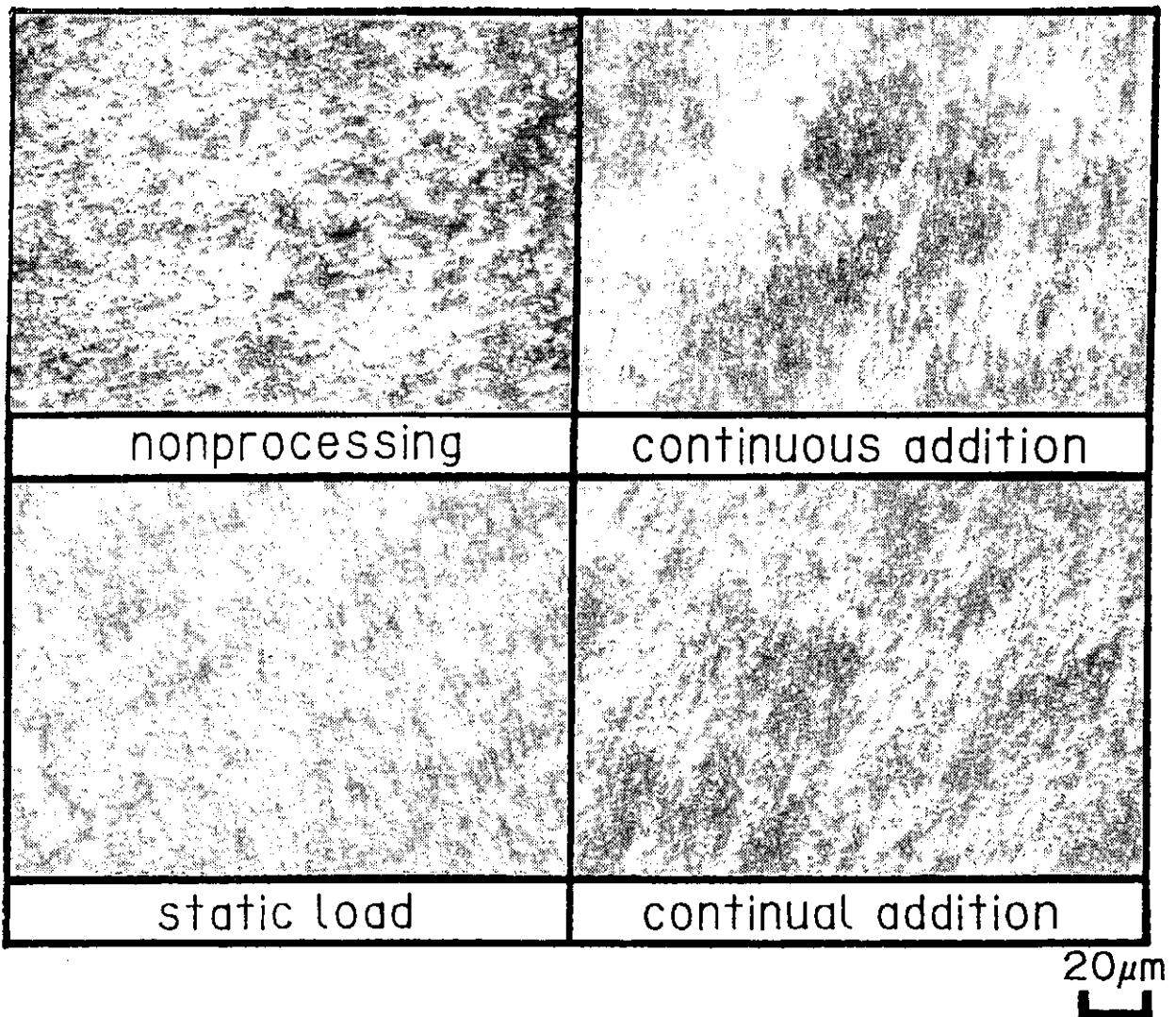


図5 試料断面の光学顕微鏡写真(10vol% SiCの試料)

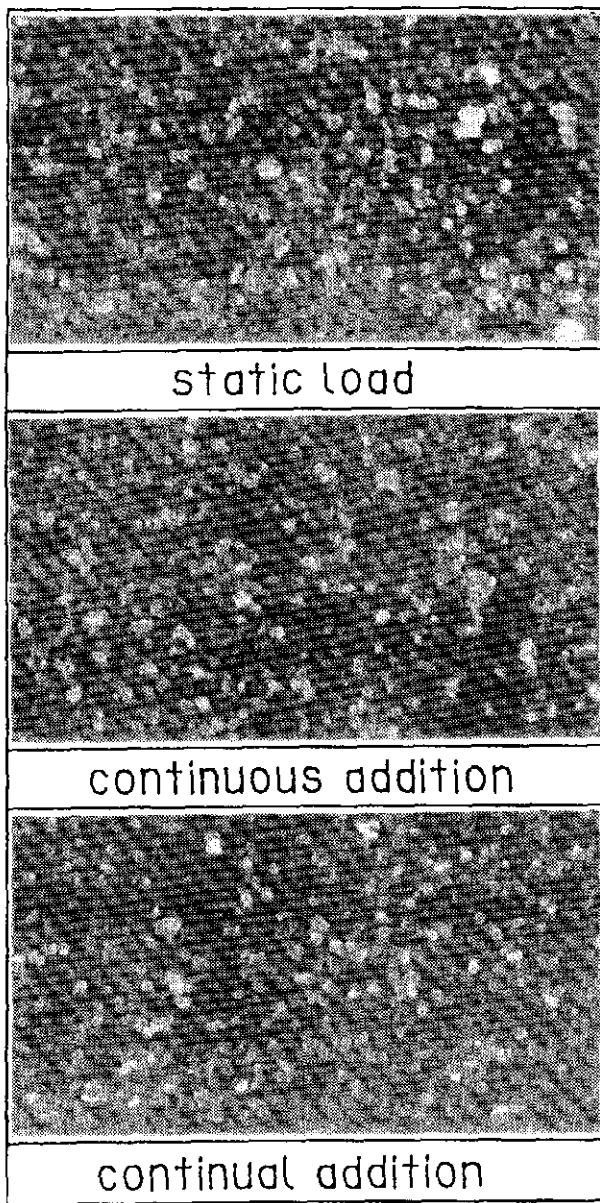


図6 試料断面の電子顕微鏡写真 (10vol% SiCの試料)

動を付加した状態での圧縮加工と超音波振動を付加しない状態での圧縮加工を交互に繰返しながら、試験を行った。

圧縮加工試験後、試験を行った試料について、その組織の変化を調べるため、試料断面の光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡による組織の観察を行った。また、試料断面のビッカース硬さについても測定した。

1. 結果及び考察

1.1 超音波複合圧縮加工試験

図3に、(a) 静荷重のみで圧縮した場合と (b) 超音波を断続的に加えながら圧縮した場合における加工中の圧縮応

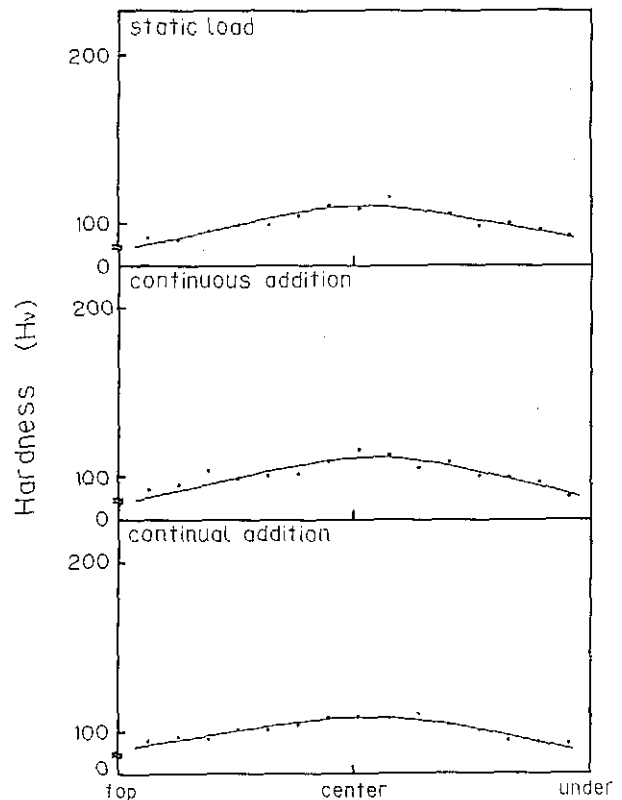


図7 試料断面のビッカース硬さ分布 (10vol% SiCの試料)

力とひずみの関係を示す。この図より (a) の場合より (b) の場合の方が圧縮応力が低くなっていること、更に、SiCウイスカの体積含有率が増すにつれて、圧縮応力の減少量は小さくなっていることがわかる。図4は (a) 静荷重のみで圧縮した場合と (c) 超音波を断続的に加えながら圧縮した場合における加工中の圧縮応力とひずみの関係を示す。この図から、(a) の場合と (c) の場合において圧縮応力にはほとんど差が生じていないことがわかる。

以上の結果から、圧縮加工に超音波振動を複合することにより圧縮加工に必要な力が減少すること、ただし、超音波振動を断続的に加えるなどの場合にはその効果が現れない場合もあることがわかった。

3.2 顕微鏡組織観察及び硬さ試験

圧縮加工に超音波振動を複合することにより圧縮加工に必要な力が減少することがわかったが、超音波振動を加えることにより試料の組織が変化していることが考えられる。そこで、次に、各圧縮加工試験に使用した試料の組織変化について検討した結果を示す。

図5に10vol% SiCの試料を (a)、(b) 及び (c) の条件で圧縮加工試験をした後の試料断面の光学顕微鏡写真を示す。この顕微鏡写真の結果からは、どの試料の組織にも明確な差が認められないことがわかる。また、20及び30vol%の試料についても同様の結果が得られた。次に、走査型電子顕微鏡による圧縮加工試験後の試料断面の観察を行っ

た結果を示す。図6に10vol% SiCの試料断面の電子顕微鏡写真を示す。この場合も、光学顕微鏡による観察の結果と同様に、超音波振動による組織への明確な影響は観察できなかった。以上の結果より、圧縮加工に超音波振動を複合しても、組織には明確な影響が現われないことがわかった。

図7に10vol% SiCの試料を (a), (b) 及び (c) の条件で圧縮加工試験をした後の試料断面の硬さ分布を示す。この図より各圧縮加工条件の試料の硬さの間に大きさ、分布ともにほとんど差はみられないことがわかる。また、20及び30vol% SiCの試料についても、同様の結果が得られた。以上の結果より、圧縮加工に超音波振動を複合しても、硬さにはほとんど影響が現われないことがわかった。

以上の結果より、本研究の実験程度の超音波振動の複合では、顕微鏡による試料断面の組織観察及び硬さ測定結果からは、その複合による組織への明確な影響は認められなかった。

4. 結 言

本研究では、アルミニウム基SiC繊維強化複合材料の圧縮加工において、超音波振動を複合することによる加工性、及び被加工材の材質に及ぼす影響について検討した。その結果、圧縮加工に超音波振動を複合することによって、超音波振動を複合しない場合に比べて少ない圧縮力により加工が可能であること、しかし、被加工材のSiCの含有率が上昇すると、超音波振動の複合による圧縮力の減少効果が少なくなることがわかった。また、圧縮加工に超音波振動を複

合した場合と複合しない場合について、被加工材の顕微鏡による組織観察及び硬さ測定を行った結果からは明確な違いは認められず、本研究の程度の超音波振動の複合加工では、被加工材の組織に顕著な変化が起こらないことがわかった。

謝 辞

本研究は、天田金属加工機械技術振興財団の奨励研究助成によってなされたものであります。ここに記して謝意を表します。また、本研究を行うに際して、多大なるご協力を頂きました、関西大学工学部教授 赤松勝也博士に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 堀芳郎、小倉謙一、岩原弘久、上沢育三：塑性と加工、7,70 (1966) p.567
- 2) 菅原武司、望月達也、辻齊、植木幹夫、小峰勇、藤原哲：日本鋼管技報、50 (1970) p.49
- 3) 和泉修、大山致知、鈴木善彦：塑性と加工、7,61 (1966) p.59
- 4) T.Ertürk, H.A.Kuhn and A.Lawley : Metall.Trans., 5 (1974) p.2295
- 5) A.Y.Kandail, W.Wallance, J.P.A.Immarigeon and M.C.de Malherbe : Met.Sci., 16 (1982) p.363
- 6) 多田吉宏、佐藤悌介：日本複合材料学会誌、13,4 (1987) p.163