

メタルプロセッシングを活用した 高特性金属材料・部品とそのプロセスの開発

■研究者のプロフィール

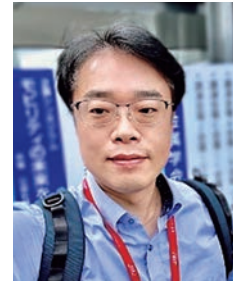
公立小松大学 生産システム科学部 生産システム科学科
准教授

パク ヒョンウォン
朴 亨原

TEL : 0761-48-3154

E-mail : hyungwon.park@komatsu-u.ac.jp

URL : http://seisan.komatsu-u.ac.jp/advanced-production-engineering-lab/



研究シーズの概要

金属材料とその特徴

金属材料には、強度と耐久性、加工性、導電性、化学反応性、リサイクル性といった多くの利点があり、建築物、輸送機器、電子製品、キッチン用品、医療機器など、幅広い用途に適用されています。鉱物からの精錬を通じて金属の塊が得られ、鍛造・塑性加工・機械加工・熱処理などのメタルプロセッシングを通じて製品化されます。その際、金属材料の諸特性（機械・化学・電気・磁気的特性）は、添加される元素を基とし、メタルプロセッシングを経て形成される金属組織により決定されます。つまり、最終製品の形状を決定した上で金属組織を制御し、目指す特性を得ることができる、ということが金属材料の最大の特徴です。

本研究室では、合金設計・成形工程・熱処理を含むメタルプロセッシングを活用して金属製品の形状と特性を制御する研究を行っています。本寄稿文では、一連の研究成果を紹介します。

大圧下制御圧延による高強度・高延性バイモダル組織を有する薄鋼板の製造

本研究は2011年4月～2014年9月にかけて東京大学生産技術研究所で行われ、大圧下制御圧延法^{※1}を用いて鉄鋼材料のバイモダル組織形成メカニズム^{※2}を解明し、易成形性と高強度を兼ね備えた薄鋼板の製造プロセスを確立することを目的としました。従来の鋼の生産方法では結晶粒を微細化して強度を向上させていましたが、結晶粒が1μm（マイクロメートル）以下になると伸びが著しく減少する

問題がありました。この問題に対処するため、鋼の相変態がγ相の粒界と粒内で異なる性質を利用し、粒界では活発にα相への相変態を促進し1μm以下の粒を生成、粒内では遅れた相変態により2～5μmの粒を形成しました。この方法で、二つの異なる結晶粒サイズを持つバイモダル組織の薄鋼板を製造しました。このプロセスにより製造された薄鋼板は、高強度でありながら伸びも適切に保たれ、成形性にも優れています（図1）。

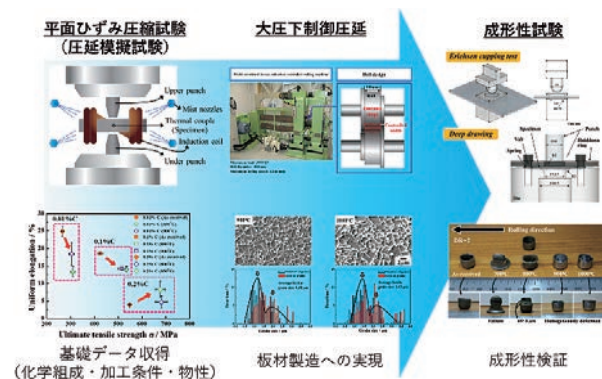


図1 大圧下制御圧延プロセスによる易成型高強度薄鋼板の製造

大ひずみ加工熱処理による高強度超微細粒純チタンの創製およびプロセスの基盤構築

私は、2015年10月～2017年10月まで韓国LG電子の素材・生産技術院で勤務し、電子製品に使用される金属とそのプロセス開発を行いました。製品の高級化を目指し、チタンの適用に際してさまざまな工夫を施していた際に、量産に適した構造部材として純チタンとTi-6Al-4V合金^{※3}の2種類を検討

※1 大きな圧下を加え圧延温度と冷却速度を適正に制御することによって鋼の金属組織を制御し、機械的性質を改善する圧延法

※2 超微細粒と比較的大きな結晶粒が共存するバイモダル

組織を作り、高強度を保ったまま高い延性をもつ材料を得る手法

※3 アルミニウム6%、バナジウム4%を含むチタン合金で、引張強度や耐力が高く、64チタンともいう。

しました。電子製品の中でも高強度が必要な箇所にTi-6Al-4V合金を適用する動きがありましたが、高価で加工も難しいため、コストパフォーマンスが低く、量産性に問題がありました。

そこで注目したのは、チタンの中で最も安価な純チタンを加工熱処理により結晶粒を微細化させることで高強度化する方法でした。2018年4月に本学に着任して以来、純チタンを量産できるプロセスを用いてその強度を高める研究を進めています。

具体的には、熱膨張実験を通じて純チタンの相変態点を測定したうえで、相変態の温度領域(882℃～910℃)を基準に加工温度を700℃～1000℃の範囲で設定し、熱間加工を施しました。加工温度800℃では再結晶により、900℃では加工誘起相変態($\beta \rightarrow \alpha$)および再結晶により、2～4 μm の結晶粒径形成に成功しました。現在は高速熱間圧延を考慮し、高速加工による超微細粒形成の研究を進めています。

切削面に発生する超高速・強せん断加工現象を利用して切削表面の超微細粒化を実現する高速切削プロセスの開発

本研究は、本学に着任した際に切削の加工設備が整っていたこと、金沢大学の名誉教授である上田隆司先生が来訪され、高速切削に関する指導を受けたことをきっかけに始まりました。上田先生からは「高速切削の従来の研究が切削抵抗、工具の摩耗、切りくずの形成、切削面の温度に焦点を当てているが、切削面で起こる冶金現象についての研究が不足している」という指摘があり、この課題に取り組むために研究を開始しました。

研究では中炭素鋼の一種であるS45Cを選び、約800℃で相変態が起こるため、高速切削時に切削表面が超微細化し、高硬度化する可能性に着目しました。具体的には、切削速度を約900m/minまで上

げ、炭素鋼の表面から5～8 μm の深さで温度を一時的に約850℃まで上昇させ急冷し、 α 相から γ 相へ、そして再び α 相への2段階の相変態を経てナノサイズ級の表面組織が形成されました(図2、図3)。このプロセスにより、加工前の組織よりも2倍以上の硬度を得ることに成功しました。この高硬度化により耐摩耗性が向上するため、自動車のギアなどの製品表面の品質向上に活用できます。

現在は、鋼・チタン・アルミ合金など多様な材料を用いて従来よりも高い生産性を保持し、切削面の表面特性を最大限に引き出すための高速切削プロセスの開発に取り組んでいます。

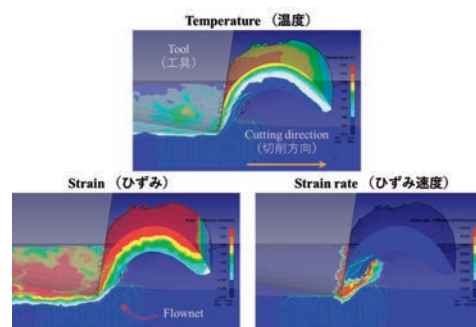


図2 高速旋削によるS45Cの切削面における温度・ひずみ・ひずみ速度の変化の解析結果

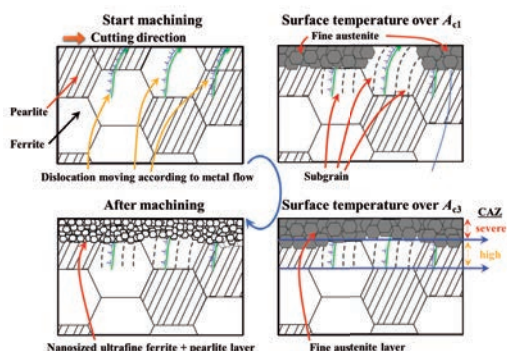


図3 高速旋削によるS45Cの切削面における超微細粒の形成メカニズム

研究キーワード

- ◎ メタルプロセッシング
- ◎ 材料加工・組織制御工学
- ◎ 生産工学・加工学

利用が見込まれる分野

- ◎ 金属材料における相変態・再結晶・析出の発生メカニズムの解明
- ◎ 鋳造・成形加工・熱処理におけるプロセスの最適化
- ◎ 金属材料の微細組織・機械的特性の関係分析

産業界へのメッセージ

北陸3県はモノづくりを基盤とする地域であり、金属を活用した素形材産業が盛んです。金属を使用した製品開発において何か悩みがあれば、ぜひご相談ください。私の知識がこの地域の発展に寄与できることを願っています。

今後の展望

これからもカーボンニュートラルと持続可能な社会の実現を目指し、さまざまなメタルプロセッシングを通じて、高特性の金属材料や部品、そしてその製造プロセスの開発に取り組んでいきます。

産学連携をお考えの方は上記または次の担当部署までお問い合わせください。

◎北陸経済研究所 調査研究部

◎北陸銀行 コンサルティング営業部 地域創生室

米屋 TEL: 076-433-1134

水上 TEL: 076-423-7180