

Bulk Forming

(社) 日本塑性加工学会 鍛造分科会ニュース No.30, 1999年2月

米国鍛造業の成功へのロードマップ (抄訳)

大阪大学基礎工学研究科

小坂田 宏造

この情報は米国鍛造工業会から入手できる鍛造工業技術ロードマップを FORGING 誌が, SUMMER 1998, 31-34 に掲載したものの抄訳である。

世界的な競争、急速な技術革新、変動する経済とマーケット条件、増大する顧客の要求などに挑戦するため、米国鍛造工業会は「鍛造業の将来展望」を1996年の終わりに公表した。戦略的な将来展望では、工具製作、材料利用、エネルギー消費、環境対策、生産性と製品品質について、意欲的な技術目標が示された。これを受けた次の段階は、戦略目標を達成するのに必要な技術を特定し、分析することである。

鍛造技術ロードマップは将来展望を実現するための各技術の方法論を示すものである。ロードマップ作成用の情報を集めるため、米国鍛造工業会は鍛造工業教育・研究支援基金、米国エネルギー省工業技術部の資金援助をうけて1997年8月にワークショップを設けた。鍛造企業、学界、国立研究所からの44人の鍛造専門家が、鍛造産業の受注機会、技術の障壁、緊急の研究課題についての重要戦略目標を策定した。

参加者は工具作成と材料、エネルギーと環境、品質と生産性の3グループのワークショップに分かれて検討し、鍛造産業において優先すべき研究事項の一覧を作成した。

表1は3分野における最も重要な研究必要事項である。出席者は、これらの研究課題を経済的効果が発揮されるまでの期間により、短期(0~3年)、中期(3~10年)、長期(10年以上)、恒常(すべての期間)に分類した。

各ワークグループから出された共通テーマをまとめると、製品設計と製造を統合する「スマート鍛造システム」というべきもので、自動化され自己調節するオンライン工程監視ならびに制御を実現する高度なソフトウェアならびに設備を備えたシステムである。こうしたシステムを構築するためには、材料、装置についての基礎理解のうえに、変形や工具応力、金属組織の正確なモデル化とシミュレーション、プロセスの監視(モニタリング)、工程制御が不可欠である。

表2は各ワークグループで特定された共通テーマに関する研究開発の必要性である。正確なシミュレーションに材料データベースが不可欠である。装置の稼働状況の把握にはエネルギーと材料の正確な使用状況の理解が必要である。データ交換と装置設計のために、標準化も業界共通のテーマである。

各ワークグループの議論を総括し、表3のように鍛造産業の戦略的な目標を更新した。ワークショップのメンバーには、鍛造大手企業、顧客などの代表が欠けており、中小の鍛造企業の動向であり、先端企業の意見とは少し異なる可能性があることが分かる。

表1 鍛造工業において優先度の高い研究ニーズ

| 工具製作と材料 | エネルギーと環境 | 製品品質と生産性 |
|--|---|-----------------------------------|
| 24時間以内に工具の設計生産を可能にするCADベースのソフトウェア | 改良型プロセスモニター技術の開発（品質を現状維持または上げながら使用エネルギーを削減） | 技術的ニーズに対して専用の分散型R&Dセンターの設立 |
| より高度な工具材料の開発 -長い工具寿命 -低コスト -自己潤滑性 | 改良型工具材料の開発 | 鍛造および製造業に学生の興味を引きつける国レベルのプログラムの実行 |
| ダイ-素材間の動的状態の理解と測定 | 鍛造産業のエネルギー/環境との関連表を作成（基本データ） | 高温リアルタイム寸法計測法の開発 |
| 鍛造システムにおける摩擦についての有効なモデルの開発 | スケールを出さない加熱方法の開発 | インゴット内部を検査できる技術の開発と実用化 |
| シミュレーション用変形抵抗データベースの開発 | 環境にやさしい潤滑剤の開発 | 望み通りの製品特性を得られるような鍛造プロセスの最適化の研究 |
| すべての材料について材料の物理的な変形特性（変形抵抗など）の開発 | 組織的、長期的な鍛造産業全般にわたる教育プログラムの開発 | 異業種応用による新しいプロセス・測定装置に対する政府援助の増大 |
| 鍛造設備制御のための故障しないセンサーと制御機構の開発 | 加工工程、製品から余熱を取り除き、蓄積、他の用途に利用する方法の開発 | 高温、振動、騒音、ひずみを測定する先端センサー開発 |
| 最終鍛造品に影響するプロセス変数の影響の定量化 | | 熱間鍛造に対する閉ループ制御の開発（センサーが必要） |
| 実加工条件をシミュレートする加工モデルの有効化 | | 既存装置の能力とその限界の毛決定とよりよい装置の開発 |
| 素材の酸化を防ぐコーティング-潤滑効果を代用するコーティングも必要 | | |
| 顧客/設計とリンクしたし前進設計、後進設計を可能にするコンピュータシステムの開発 | | |

表2 鍛造産業R&D優先事項の共通テーマ

| テーマ | 工具製作と材料 | エネルギーと環境 | 製品品質と生産性 |
|-------------------|---|---|---|
| 材料特性と性能の解明 | <ul style="list-style-type: none"> ・集中型データベースの作成 ・シミュレーションのための変形抵抗データベース開発 ・ダイ材料の特性明確化 ・工具材料の機械的・金属的特性への温度、圧力、摩耗の影響の解明 ・最終製品へのプロセス変数の定量化 ・無潤滑鍛造用不均一材質工具 | <ul style="list-style-type: none"> ・鍛造企業におけるエネルギーと環境の関連表を作成（基本データ） ・鍛造直後熱処理の材料に及ぼす影響の調査 ・すべての材料の変形特性（例：変形抵抗）の開発 ・より良い工具材料の開発（寿命、摩、コスト、自己潤滑） | <ul style="list-style-type: none"> ・実材料特性データの作成 ・温度の関数としての材料特性の決定 ・材料特性とシミュレーションを関係づける研究の実行 |
| 標準化 | | <ul style="list-style-type: none"> ・測定標準の開発 ・鍛造工程で用いられる装置の標準の作成 | <ul style="list-style-type: none"> ・全鍛造プロセスでのデータ交換用標準フォーマットの作成 ・鍛造工程のベンチマークの開発 |
| 設備の性能の解明 | <ul style="list-style-type: none"> ・ダイ/材料界面の動的条件の解明と計測 ・異なったタイプのスケールがダイ表面に与える影響の研究 | <ul style="list-style-type: none"> ・ダイの中におけるエネルギー/力の測定方法の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・既存設備の能力評価とより進歩した装置開発の遂行 |
| ラピッドプロトタイプング/工具 | <ul style="list-style-type: none"> ・24時間工具作成のためのダイ設計最適化ソフト | | <ul style="list-style-type: none"> ・実用的な特性を持つラピッドプロトタイプングの開発 |
| プロセスの自動化とリアルタイム計測 | <ul style="list-style-type: none"> ・リアルタイム非破壊測定システムの開発 ・インダクション加熱における温度分布測定法 | <ul style="list-style-type: none"> ・高温製品のインプロセス検査を行う技術の開発 ・温度の迅速計測機器の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・リアルタイム高温計測方法の開発 |
| センサーと制御 | <ul style="list-style-type: none"> ・鍛造設備のための頑強なセンサーと制御装置の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー消費を低減するプロセス監視システム技術の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・多業種間応用が可能な先進工程モニタリングと制御装置に対する政府援助の増大 ・鍛造産業用の振動信号解析装置の開発 ・閉ループ温度、振動、音響、ひずみ測定の開発 |
| 潤滑とコーティング | <ul style="list-style-type: none"> ・ダイのコーティングとクラディングの開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・環境に適合した潤滑剤の開発 ・低摩擦耐摩耗の工具表面技術R&Dの実行 | <ul style="list-style-type: none"> ・より高い耐酸化性能を持ったピレットコーティングの開発 ・温間鍛造における黒鉛の排除 |

| | | | |
|--------------------|--|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・素材の酸化を防止するプレコーティングの開発（潤滑剤に代わるもの） ・廃棄物ゼロのコーティングの開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・潤滑剤の役割の調査とその特性向上 |
| プロセスモデリングとシミュレーション | | | |
| 三次元モデリング | <ul style="list-style-type: none"> ・鍛造工程（ダイと素材）の超並列計算機での三次元モデルの開発 | | <ul style="list-style-type: none"> ・変形プロセスの3Dシミュレーション法の開発 |
| 金属組織予測のモデル | <ul style="list-style-type: none"> ・金属組織を予測するための材料モデルの改良 | <ul style="list-style-type: none"> ・金属組織予測用シミュレーションの開発 | |
| 実加工条件のシミュレーション | <ul style="list-style-type: none"> ・実加工を模擬するスケールアップモデル ・鍛造システムにおける摩擦モデルの開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・生産条件でのシミュレーション法の開発 | |
| 統合型工程設計生産ソフト | <ul style="list-style-type: none"> ・前進／後進設計を可能にするコンピュータシステムの開発 ・鍛造専用 CAD-CAM の開発 | | <ul style="list-style-type: none"> ・生産と設計を統合する技術の開発 ・鍛造に対する特長(feature)基準設計ソフトの開発 |
| コストのモデル | <ul style="list-style-type: none"> ・コスト最適化のためのパラメータ型異なったタイプのスケールがダイ表面に与える影響の研究 | | <ul style="list-style-type: none"> ・投資価値を決める鍛造コストモデルの作成 |
| 新加工法 | | <ul style="list-style-type: none"> ・伝統的加工熱処理に代わる方法の開発（例：磁場、無重力） ・完全密閉され、側面出し入れダイの開発 ・異なったサイズ、形状ピレットの能率的な高速加熱法の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・新しい鍛造設備についての研究開発（例：液圧成型、無重力成型） ・次世代ダイ生産技術の開発 ・大形インゴットの迅速加熱法の開発 |
| 共同研究 | <ul style="list-style-type: none"> ・企業間の共同研究プロジェクトを実行 | <ul style="list-style-type: none"> ・産業／監督官庁共同での環境問題解決 | <ul style="list-style-type: none"> ・ニーズに対応した専門的なR&Dセンターの設立 |
| 教育の改善 | | <ul style="list-style-type: none"> ・集中的、組織的な教育訓練機会の開発 ・徒弟制度プログラムの開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・鍛造および基礎生産産業へ学生の興味を向ける国家的なプログラムの実施 |
| 供給材料 | <ul style="list-style-type: none"> ・ばらつきの少ない材料の供給 | <ul style="list-style-type: none"> ・原材料の品質の改善 | <ul style="list-style-type: none"> ・鍛造業者へ出荷する前にインゴットの内部検査する方法の開発 |

表3 鍛造の将来展望において特定された戦略目標

工具

- ・少なくとも現在の10倍のダイ寿命
- ・製品当たりの金型費を少なくとも50%削減
- ・受注から24時間以内の工具製作

エネルギー

- ・容積当たりの鍛造総エネルギーを75%削減する

材料の有効利用

- ・素材の全消費量を少なくとも15%削減
- ・スクラップを90%削減

生産性

- ・従業員一人当たりの生産性を50%向上
- ・製品1個当たりの製造コストを60%削減
- ・鍛造設備稼働率を90%以上にする

品質

- ・ユーザーからのリジェクト率を25ppm以下にする
- ・±8σ工程管理を達成
- ・鍛造品の使用中の破壊をゼロにする

環境

- ・有害な燃焼生成物を最小化または無くする
- ・鍛造プラントでの有毒物質の完全除去
- ・鍛造工程における副産物の完全リサイクル
- ・鍛造プラントの環境騒音を85dB以下に低減